차 례

머리말

위대한 령도자 **김정일**대원수님께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《우주세계에서 일어나는 천체의 운동과 그 법칙을 연구하려면 천문학을 발전시켜야 합니다.》

우주에 대한 지식을 깊이 학습하는것은 우리를 둘러싼 자연계에서 일어나는 모든 자연현상들의 본질을 과학적으로 인식하고 그것을 실생활에 효과적으로 리용할수 있는 옳은 방도들을 알아낼수 있게 한다.

경애하는 장군님께서는 천문과학발전에 크나큰 사랑과 은정을 돌려주시였다.

오늘 우리 나라에는 평양천문대를 비롯하여 천문과학발전에 전문적으로 봉사하는 기관들이 있으며 학생소년궁전을 비롯한 학교들에 현대적인 천문관측설비들이 그쯘히 갖추어져 연구사업과 천문지식보급사업에 적극 이바지하고있다.

맑게 개인 날 밤하늘을 쳐다보면 무엇이 보이는가. 밝기와 크기는 서로 다르지만 반짝이는 점들이 수없이 많이 보일것이다. 이것들을 우리는 흔히 **천체** 또는 **별**이라고 부른다.

우리가 살고있는 지구도 하나의 천체이다. 천체들사이공간에서는 아무것도 보이지 않으므로 텅 비여있는것처럼 생각되지만 실지로는 여러가지 물질들로 꽉 차있다. 이것들을 **별사이물질**이라고 부른다. 이 모든 별들과 별사이물질 그리고 그사이 공간들을 통털어 **우주**라고 부른다.

그러면 천문학이 밝혀내는 《비밀》은 어떤것들인가.

천문학은 태양, 달, 별, 별사이물질들이 처음에 어떤 물질로부터 어떻게 생겨났으며 점차 어떤 물질로 변화발전하여 나중에는 무엇으로 되는가 등 우주의 구조와 진화과정을 밝힌다. 그리고 천체들이 어떤 운동을 하며 그 운동과정에 우리 지구우의 생물체들의 활동에 어떤 영향을 미치는가, 우리가 사용하는 정확한 시간과 자리표, 방위각이 천체들의 어떤 운동을 리용하여 측정되는가, 천체들이 어떤 물리적 및 화학적상태에 놓여있는가, 지구밖에 있는 천체들에도 생명체가 존재하는가, 존재한다면 어떤 형식으로 존재하

는가 하는 문제들을 밝힌다. 또한 천문학이 수학, 물리학, 생물학, 화학 등 다른 과학발전에 어떤 영향을 주는가를 밝힌다.

우리는 천문학학습을 통하여 천체들의 운동법칙과 우주의 구조, 그의 발생발전에 대한 정확한 인식을 가져야 한다. 또한 천체를 리용하여 시간, 위도, 경도, 방위각을 결정하는 법을 알아야 한다.

천문학학습을 통하여 우리는 태양과 달, 별들의 운동이 지구대기와 기상기후, 농업, 수산업, 항해업발전에 주는 영향과 그것을 실생활에 리용하는 방법을 잘 알아야 한다.

우리는 천문학학습의 중요성을 잘 알고 열심히 배우고 또 배워 경애하는 **김정은**선생님의 령도따라 사회주의강성국가를 건설하는 믿음직한 역군으로 튼튼히 준비해나가야 한다.

제1장. 태양과 태양계

제1절. 태 양

태양의 크기와 태양까지의 거리

태양은 그 직경이 1 392 000km로서 지구보다는 109.1배, 달보다는 400배나 크다. 그런데 태양은 보통 쟁반만 하게 보인다.

왜 태양은 실지크기보다 작게 보이는가.

이제 높이가 1.5m인 막대기를 10m, 50m, 100m 되는 거리에 세워놓고 살펴보자.(그림 1-1)

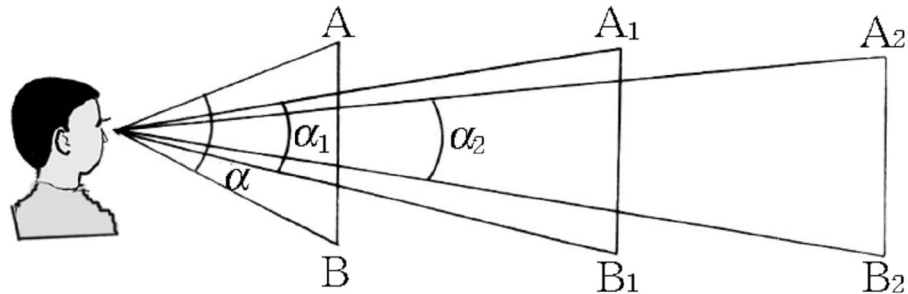



그림 1-1. 거리에 따라 다르게 보이는 물체의 크기

무엇을 알수 있는가.

같은 크기의 물체라도 거리가 멀수록 작게 보인다.

그것은 물체의 두 끝점(A와 B, A_1와 B_1, A_2과 B_2)과 관측자의 눈을 이었을 때 생기는 각 즉 시각의 크기가 달라지기때문이다.

시각(보는각)이란 물체의 량끝점과 눈을 련결하여 생기는 각이다.

시각으로 물체의 크기를 표시한것을 **각크기**라고 부른다.

물체를 보는 시각이 크면 물체는 크게 보이고 작으면 작게 보인다.

구모양의 물체에서는 직경의 량끝점과 눈을 련결하여 생기는 각이 시각으로 되며 이때의 각은 각크기로 된다.(그림 1-2)

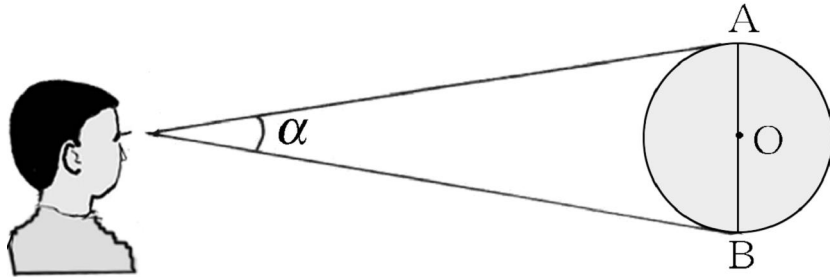



그림 1-2. 구모양물체의 각크기

구모양의 물체의 크기는 각크기가 크면 크게 보이고 작으면 작게 보인다.

태양의 각크기는 약 31′이다.

태양의 직경이 매우 크지만 그의 각크기가 작아서 쟁반만 하게 보이는 리유는 태양이 지구로부터 매우 먼 거리에 있기때문이다.

태양은 지구로부터 평균 1억 5천만km(더 정확하게는 149 597 870km)라는 먼 거리에 있다.

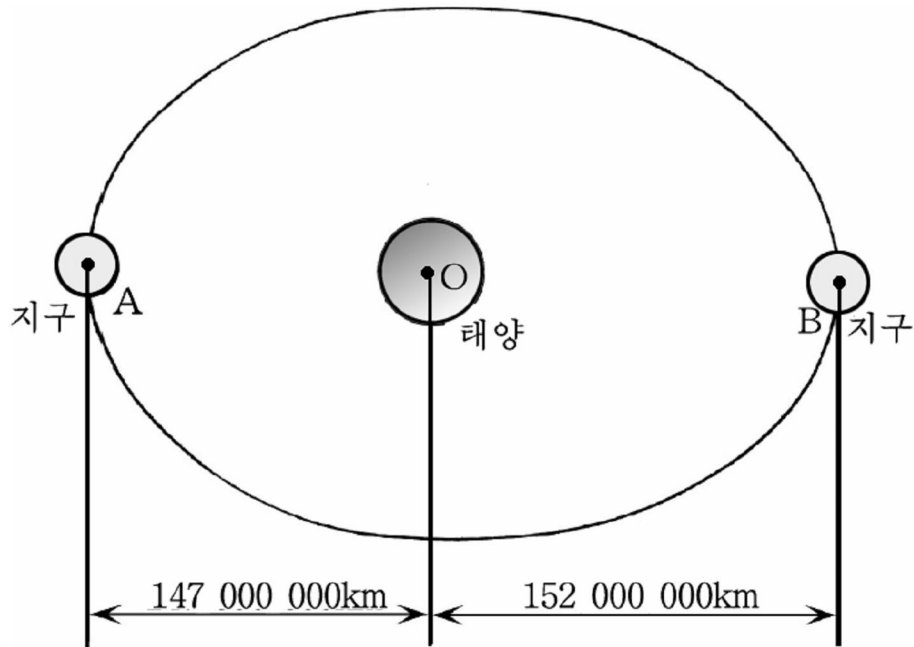



그림 1-3. 지구와 태양사이의 거리변화

이 거리를 가는데 하루에 100리씩 걷는 사람은 약 10 247a, 1s동안에 11.2km의 속도로 날아가는 로케트는 165d, 300 000 km/s의 속도로 전파되는 빛은 8min 18s 걸린다.

태양과 지구사이의 거리는 날마다 약간씩 달라진다.

매해 1월 2~5일사이에는 이 거리가 147 000 000km로서 제

일 가깝고 7월 3～5일사이에는 152 000 000km로서 제일 멀어진다.

태양의 체적은 지구체적보다 130만 4천배 크다.

태양의 질량과 온도

태양의 질량은 $M_{\odot}=1.989\times10^{30}$kg이다.

이것은 지구질량의 33만배이다.

태양걸면의 중력가속도의 크기는 지구걸면의 평균중력가속도보다 28배나 크다.

태양은 매우 뜨거운 기체상태로서 구모양을 이룬다.

태양의 걸면온도는 6 000K이며 그 중심온도는 20 000 000K이나 된다.

이처럼 높은 온도는 태양내부에서 일어나는 여러가지 핵반응에 의하여 생기는 열로 보장된다.

태양의 압력도 높다.

태양내부의 압력은 10^{14}Pa정도이다.

이처럼 태양의 물리적상태는 보통조건에서는 실현할수 없는것이므로 그 구조에서도 일련의 특성을 가진다.

태양의 활동

태양은 기본물질인 수소와 그밖에 헬리움을 비롯한 70여종의 원소로 이루어져있다.

태양은 온도와 압력이 높아 플라즈마상태로 존재한다. 즉 태양을 이루는 대다수 원소는 완전히 이온화된 플라즈마상태이다.

그러므로 태양내부에서는 여러가지 물리화학적변화가 일어난다.

이것을 태양활동이라고 부른다. 즉 **태양활동**이란 높은 온도와 압력속에 있는 플라즈마상태의 태양물질이 일으키는 물리화학적변화과정이다.

태양은 태양을 이루는 핵과 빛에네르기전이층, 대류층 및 광구와 태양대기로 이루어져있다.

일정하게 짙은 색갈을 가진 색유리를 눈에 대고 태양을 관찰해보아라. 그러면 색유리를 통하여 둥글고 밝은 원판을 볼수 있을것이다. 그것이 바로 **태양광구**이다.

그림 1-4에서 보는것처럼 태양광구는 태양의 맨 바깥층으로서

태양내부에서 발생한 열과 빛이 이 층을 통하여 사방으로 전파된다.

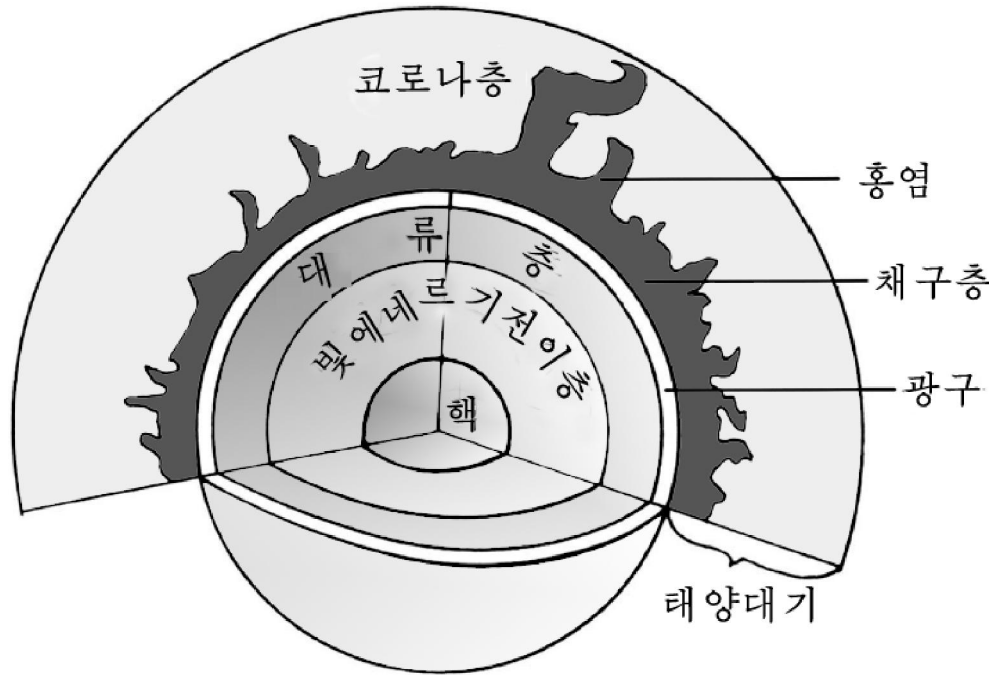



그림 1-4. 태양의 구조

태양핵은 온도와 압력이 높고 핵반응이 강렬하게 진행되는 중심부이다.

빛에네르기전이층은 태양핵의 다음층으로서 태양핵에서 생겨나는 전기 및 자기마당에네르기를 가진 량자들의 련속적인 흡수와 복사형태로 열과 빛에네르기를 전달하는 층이다.

이 층에서는 열과 빛이 서로 바뀌는 과정이 진행된다.

대류층은 태양광구와 빛에네르기전이층사이에 있는 층으로서 열과 빛흐름이 세게 진행되는 층이다. 다시말하여 이 층에서는 그릇에 물을 담고 끓일 때 찬물과 더운물이 아래우로 순환되면서 더워지는 형태로 태양내부의 열과 빛을 태양대기쪽으로 전달한다.

대류층 다음층이 **태양광구**이다.

이처럼 태양이 여러 층으로 나뉘여져있지만 매개 층의 명확한 가름선은 정할수 없다.

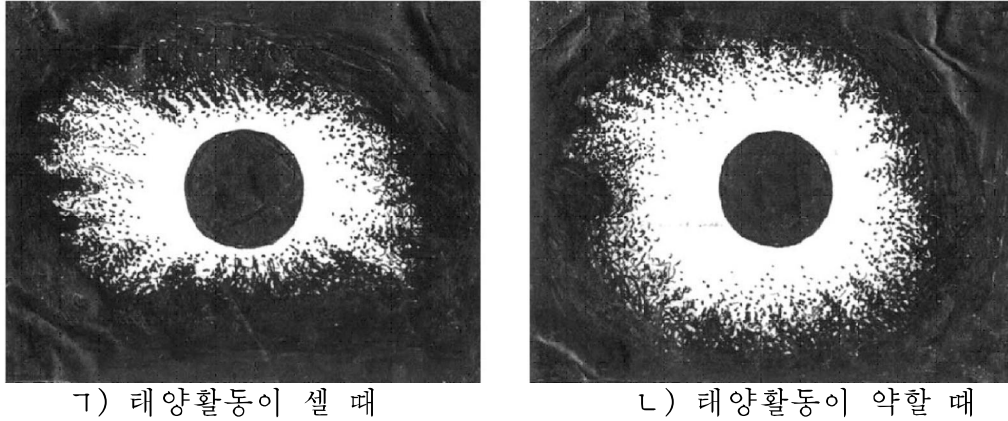
태양광구층의 온도는 6 000~8 000K이다.

태양대기는 태양광구의 바깥층이다.

태양대기는 채구층, 홍염, 코로나층으로 이루어져있다.

채구층은 연한 장미색을 띤 태양대기의 맨 아래층이다.

홍염은 채구층으로부터 불기둥모양으로 날름거리며 솟아오른다.

코로나층은 태양대기의 제일 바깥층으로서 은백색을 띠면서 채구층을 둘러싸고있다.(그림 1-5)

ㄱ) 태양활동이 셀 때

ㄴ) 태양활동이 약할 때

그림 1-5. 코로나

태양대기부분은 사람의 눈으로 직접 볼수 없다.

코로나층은 보통때에는 사람의 눈으로 볼수 없지만 태양이 달에 의하여 완전히 가리워질 때에는 볼수 있으며 태양활동이 센가 약한가에 따라서 그 모양이 달라진다.

태양광구면에는 흑점과 백반이 있다.

그림 1-6에서 볼수 있는것처럼 태양광구면의 온도가 제일 낮은 구역(4 000~4 500K)은 흑점이 있는 곳이고 온도가 제일 높은 구역(8 000K)은 백반이 있는 곳이다.

태양흑점의 직경은 서로 다른데 큰것은 지구직경의 7배이상이나 된다.

태양이 내보내는 열과 빛은 지구우의 모든 만물의 생명활동을 보장한다.

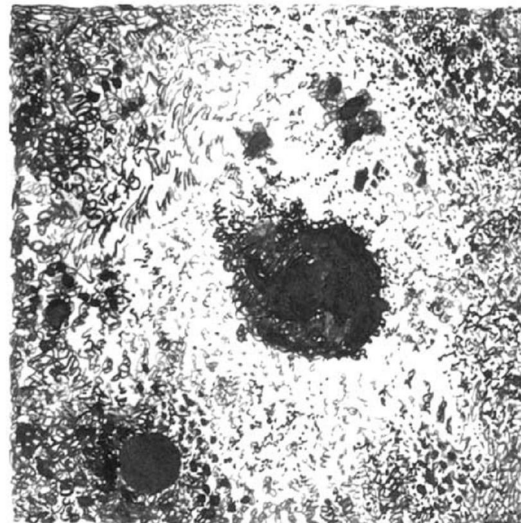



그림 1-6. 태양흑점과 백반

그러면 태양의 열원천은 무엇이며 얼마만한 량의 열을 내보내는가.

렌즈를 가지고 실험해보아라.

렌즈를 태양빛에 수직으로 놓으면 렌즈의 초점에 밝은 점이 생긴다.

여기에 종이를 가져다놓으면 불이 일어날것이다. 이것은 태양빛의 열작용의 결과이다.

태양은 1s동안에 약 4×10^{23}kJ의 열을 내보낸다.

이와 같은 열량을 얻자면 발열량이 높은 석탄 400조t을 1s동안에 태워야 한다.

태양이 내보내는 열량은 태양상수로 계산한다.

태양상수란 태양빛에 수직인 $1m^2$의 지구대기걸면이 1min동안에 받는 열량이다.

태양상수값은 83 736J/(m^2·min)이다. 즉 1 395.7W/m^2이다.

태양이 내는 전체 열량가운데서 지구는 20억분의 1만을 받는다.

이가운데서 거의 절반은 도중에 반사되여나가고 나머지가 지구걸면과 대기에 흡수되여 그것을 덥힌다.

태양이 내는 이 막대한 량의 열은 태양에서 어떻게 생겨나는가.

그것은 태양핵에서 2개의 중수소원자핵이 결합하여 1개의 헬리움원자핵으로 변화될 때 생겨난다.

실례로 1kg의 수소원자핵은 993g의 헬리움원자핵으로 되면서 6.3×10^{4}J의 열을 내보낸다. 바로 이것이 태양의 열원천이다.

태양의 열원천은 무진장하다. 태양열에네르기를 효과적으로 리용하는것은 지금 세계적인 추세로 되고있다.

막대한 량의 태양에네르기를 효과적으로 리용하는것은 긴장한 전력문제를 풀고 인민경제발전과 인민생활향상에서 매우 큰 의의를 가진다.

태양에서의 핵융합반응은 시간에 따라 여러가지로 변화된다. 태양에서의 이러한 물리화학적변화과정을 보통 **태양활동**이라고 부른다.

태양활동은 태양광구면에 나타나는 흑점수의 변화로 쉽게 알수 있다.

태양의 흑점수는 11a을 주기로 하여 변한다.

태양은 고에네르기양성자들의 센 바람을 일으켜 지구자기마당에 큰 영향을 주는데 이것을 **지자기폭풍**이라고 부른다. 이러한 지자기폭풍은 사람들의 활동에 여러가지 영향을 미친다.

문 제

1. 태양의 활동에 대하여 사람들의 생활과 결부하여 말하여라.
2. 태양에네르기의 리용방법을 설명하여라.
3. 지구대기에서 태양빛의 흡수와 반사가 없다면 태양빛에 수직인 땅결면 $1m^2$에는 1s동안에 약 1.4kJ의 태양에네르기가 전달된다. 이 값을 리용하여 1s동안에 태양이 복사하는 전체 에네르기를 구하여라.

보충지식

① 태양흑점

그림 1-6을 자세히 살펴보아라.

태양흑점의 중심부는 검고 그 둘레는 중심부보다 연한 색갈을 띠면서도 해바라기꽃잎처럼 갈라져있다.

왜 그런가.

우리는 물리과목에서 고르롭지 못한 자기마당속에서는 자력선의 분포도 고르롭지 못하다는것을 배웠다.

태양도 하나의 큰 《자성체》로 볼수 있다. 그런데 태양활동이 고르롭지 못한만큼 태양자기마당도 고르롭지 못하다.

때문에 자력선묶음의 분포도 고르롭지 않다.

이로부터 자력선묶음을 따라서 태양중심에서 높은 온도로 가열된 대전립자들이 라선운동을 하면서 광구밖으로 튀여나오게 된다. 이때 자력선이 배게 모인 광구면부분의 온도는 급격히 떨어져 다른 광구부분보다 검게 보인다. 이것이 바로 흑점이다.

흑점의 중심부온도는 그 기슭보다 온도가 더 떨어지므로 색갈도 더 검고 기슭은 대전립자들의 라선운동을 반영하여 꽃잎처럼 갈라져보이게 된다.

태양흑점의 직경은 서로 다른데 큰것은 지구직경의 7배이상이나 된다.

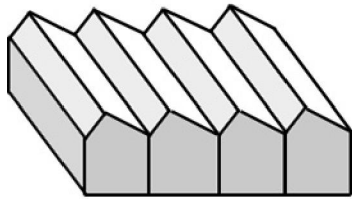
② 태양에네르기의 리용

태양에네르기를 잘 리용하는것이 매우 중요하다.

경애하는 수령 **김일성**대원수님과 위대한 령도자 **김정일**대원수님께서는 태양에네르기를 적극 개발리용할데 대하여 가르치시였다.

○ 열에네르기형태로의 리용

태양빛을 한 곳에 모아들여 온도를 높이는 방법으로 물을 덥히는 태양열

온수기, 온도를 높인 곳에 로를 만들어 금속을 녹이는 태양로, 태양빛이 모인 곳에 밥가마를 걸고 리용하는 태양열밥가마 등의 형식으로 태양열을 직접 리용할수 있다.(그림 1-7)

태양열온실

태양열밥가마

태양열온수기

그림 1-7. 열에네르기형태로의 태양에네르기의 리용

○ **전기에네르기형태로의 리용**

해빛을 보이라의 증기가마에 모아 물을 끓여서 얻어낸 높은 온도와 높은 압력의 증기로 타빈을 돌려 전기를 생산하는 태양열발전기나 반도체 p-n이음부에 해빛을 쪼여서 전기를 얻어내는 빛전지형태로 가로등이나 전자수산기 등에 태양에네르기를 리용한다.(그림 1-8)

그림 1-8. 전기에네르기형태로의 태양에네르기의 리용

그러면 태양에네르기를 리용하면 무엇이 좋은가.

첫째로, 태양에네르기자원이 무진장하다는것이다. 태양이 지금과 같은 정도로 태양열을 내보낸다고 하여도 수십억a동안 리용할수 있다.

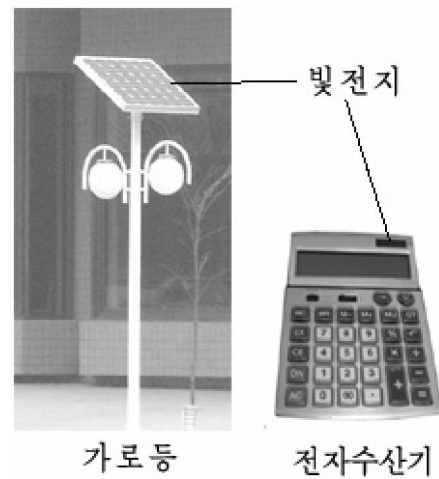
둘째로, 어떤 곳에서나 쉽게 리용할수 있다.

셋째로, 비용이 적게 든다.

넷째로, 깨끗하며 공해가 없다.

③ 태양의 채구폭발과 인간생활

태양활동은 사람들의 생활에 적지 않은 영향을 미친다. 그것은 태양에서의 핵융합반응이 시간에 따라 여러가지로 변화되면서 태양활동의 변화를 가져오기때문이다.

태양활동은 태양광구면에 나타나는 흑점수의 변화로 쉽게 알수 있다.

태양의 흑점수는 11a을 주기로 하여 변한다.

태양은 고에네르기양성자들의 센 바람을 일으켜 지자기폭풍을 발생시킨다. 이러한 지자기폭풍은 지구자기마당의 변화를 일으켜 통신과 인간생명에 여러가지 나쁜 영향을 미친다.

그러므로 태양활동에 대한 관측과 예보사업을 잘하는것이 중요하다.

지자기폭풍은 태양의 채구폭발에 의하여 생긴다.

지자기폭풍이 지구생물체에 미치는 영향은 다음과 같다.

첫째로, 지자기폭풍으로 태양으로부터 지구에 날아오는 수많은 대전립자들이 뇌출혈을 일으키거나 심장병에 일정한 나쁜 영향을 준다.

또한 지구상에서 진행되는 통신에 심한 장애를 준다.

그러므로 방송과 신문을 통한 지자기폭풍예보사업에 깊은 관심을 돌려야 한다.

둘째로, 채구폭발이 잦은 해에는 채구폭발이 드문 해보다 평균 25d동안이나 식물이 자랄수 있는 기간을 길게 해준다.

셋째로, 채구폭발이 잦으면 우뢰치는 회수가 많아진다.

넷째로, 채구폭발이 잦은 해에는 비내림량도 많아진다.

다섯째로, 채구폭발이 잦은 해에는 나무의 년륜의 간격이 넓어지고 땅속의 온도가 높아진다.

여섯째로, 채구폭발은 지구에서와 같은 변화를 다른 행성들에도 일으킨다.

일곱째로, 채구폭발이 잦은 해에는 다른 해보다 모든 행성들이 어둡게 보인다.

제2절. 태양의 《가족》들과 그 운동

태양을 중심으로 돌아가는 천체모두를 **태양의《가족》**이라고 부르고 태양과 이 천체들로 이루어진 물리적계를 **태양계**라고 부른다.

태양과 그《가족》들에 대하여 학습하기 전에 천체를 항성, 행성, 위성으로 나눈다는것을 알아둘 필요가 있다.

오랜 옛날부터 사람들은 하늘에 떠있는 별들을 그 움직임에

따라서 여러가지 종류로 나누어 불러왔다.

항성이란 태양처럼 자체로 빛을 내면서 별들사이에서 자리이동을 하지 않는 천체이다.(엄밀한 의미에서 정지된 천체란 있을수 없으며 다만 자리이동이 눈에 띄게 나타나지 않을뿐이다.) 태양은 우리은하계라고 부르는 큰 별무리의 중심둘레를 2억 5 000만a을 주기로 공전한다. 밤하늘에서 볼수 있는 거의 모든 천체가 항성이다.

행성이란 지구처럼 자체로 빛을 내지 못하면서 항성의 둘레를 공전하는 천체이다. 하늘에서 사람들이 맨눈으로 볼수 있는 행성은 태양계안의 일부 행성들을 내놓고는 없다.

위성이란 달처럼 자체로 빛을 내지 못하면서 행성의 둘레를 공전하는 천체이다. 위성에는 자연위성(달과 같은 천체)과 인공위성(사람이 만들어 띄운 천체)이 있다.

그러면 태양의《가족》에는 어떤 천체들이 있고 태양계의 크기와 그《가족》천체들의 물리화학적성질은 어떠하며 그것들은 어떤 운동을 하는가를 보기로 하자.

태양계의 구성과 크기

태양계에는 그 중심별인 태양과 8개의 행성과 5개의 준행성, 162개의 위성, 5 000개이상의 소행성, 공전주기가 서로 다른 혜성들, 수없이 많은 류성체들, 먼지물질과 행성사이공간에 있는 별찌물질들이 속한다.

8개의 행성을 지구형행성과 목성형행성으로 나눈다.(그림 1-9)

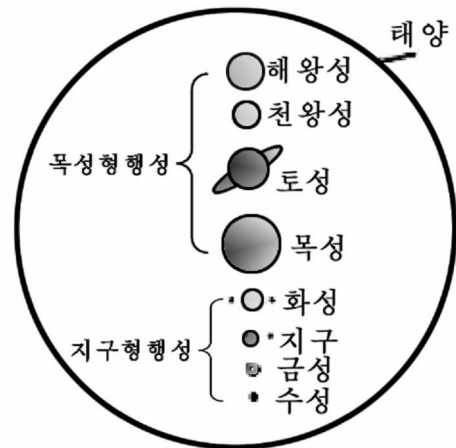
지구형행성은 물리적성질과 크기로 볼 때 지구와 비슷한 행성들이다.

지구형행성에는 수성, 금성, 지구, 화성이 있다.

지구형행성들은 태양과 목성사이의 자리길들을 따라 공전한다.

수성과 금성에는 자연위성이 없으며 지구에는 1개, 화성에는 2개의 자연위성이 있다.

그림 1-9. 행성들의 크기비교

목성형행성은 물리적성질과 크기에서 목성과 비슷한 행성들이다. 목

성형행성에는 목성, 토성, 천왕성, 해왕성이 속한다.

목성형행성들은 그 공전자리길들이 목성으로부터 시작하여 그 바깥에 있는 자리길들을 따라 돌아간다.

목성형행성들은 자연위성들이 여러개이며 기체구모양을 이루고 있는것이 특징이다.

태양계의 직경은 약 80AU이다.

1AU(천문단위)는 천문학에서 쓰는 길이의 단위이다.

이것은 태양과 지구사이의 평균거리 1억 4 960만km와 같다.

이 단위는 태양계안에서 천체들까지의 거리측정단위로 리용한다.

태양으로부터 행성들까지의 평균거리는 표 1-1과 같다.

태양으로부터 행성들까지의 평균거리 표 1-1

행성이름	천문단위 [AU]	행성이름	천문단위 [AU]
수성	0.39	목성	5.20
금성	0.72	토성	9.54
지구	1.00	천왕성	19.19
화성	1.52	해왕성	30.06

표에서 평균거리는 모든 행성들이 태양을 어느 한 초점으로 하는 타원자리길을 따라 운동하므로 시간에 따라 달라지는 태양-행성사이의 거리를 평균한 값이다.

실지거리를 우리가 잘 아는 km단위로 알려면 표에서 AU단위로 준 값에 1억 5천만km를 곱하면 된다.

태양으로부터 행성까지의 거리는 일정한 법칙에 따라 달라진다.

18세기에 들어와 태양-행성사이의 거리에 대한 연구가 심화되면서 행성들의 거리분포법칙이 발견되였다.

수렬 0, 3, 6, 12, 24, 48, 96, 192, …을 생각하자.

이 수렬은 두번째 마디인 3부터는 같은 비가 2인 같은비수렬이다.

이제 매개 마디에 4를 더하고 10으로 나눈 값은 태양으로부터 행성까지의 거리를 천문단위로 표시한것과 비슷해진다.

그 이후에 이것을 공식화하여 다음과 같은 식을 만들었다. 즉

$$r = 0.4 + 0.3 \times 2^n [AU]$$

여기서 n은 행성들에 따라 다른 값을 가진다. 표 1-2에서 보는것처럼 n값을 수성에는 $-\infty$, 금성에는 0, 지구에는 1, 화성에는 2, 목성에는 4, 토성에는 5로 설정하면 행성들의 실지거리와 잘 맞는 표 1-2의 값을 얻게 된다.

행성들의 거리분포 표 1-2

행성 이름	n	r [AU]	실지거리 [AU]	행성 이름	n	r [AU]	실지거리 [AU]
수성	$-\infty$	0.4	0.387	화성	2	1.6	1.523
금성	0	0.7	0.723	목성	4	5.2	5.203
지구	1	1.0	1.0	토성	5	10.0	9.546

공식과 표 1-2로부터 $n=3$인 거리에 어떤 행성이 반드시 존재하여야 하겠지만 그러한 행성은 보이지 않았다.

이 행성을 찾기 위한 오랜 기간의 관측끝에 그 자리에서 수많은 소행성들을 찾아 공식의 정확성을 확인하였다.

이 공식은 태양계행성들과 위성들의 거리분포법칙을 원만하게 설명하지는 못한다.

1960년대 중엽 우리 나라의 학자가 새로운 공식을 만들어 태양계안의 천체들의 거리분포법칙을 비교적 정확히 설명할수 있게 하였다.

케플레르의 법칙(행성운동법칙)

케플레르는 1600년대에 들어와서 자기가 직접 오래전부터 관측하여오던 화성의 운동을 분석하는 과정에 행성운동에 관한 3개의 법칙을 발견하였다.

○ 케플레르의 제1법칙

모든 행성들은 태양을 어느 하나의 초점으로 하는 타원자리길을 따라 공전한다.(**자리길모양의 법칙**이라고 부른다.)

모든 행성들은 태양을 지나는 거의 같은 평면우에서 같은 방향으로 공전한다. 행성들의 자전방향은 공전방향과 같다.(금성과 천왕성은 제외)

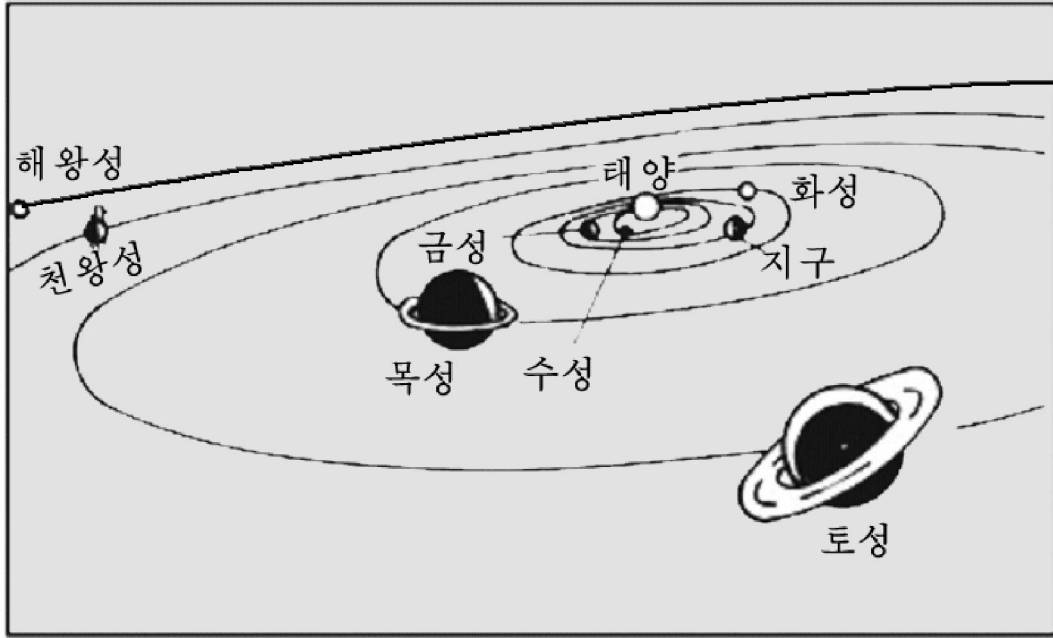



그림 1-10. 케플레르의 제1법칙

○ **케플레르의 제2법칙**

태양과 행성을 련결하는 자리길의 반경벡토르는 같은 시간동안에 같은 면적을 그린다.(**면적속도일정의 법칙** 또는 **자리길운동속도의 법칙**이라고 부른다.)

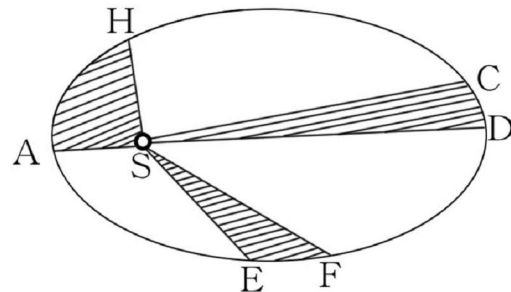



그림 1-11에서 빗선을 친 부채형의 면적은 행성이 같은 시간동안에 그린것으로서 동일하다.

그림 1-11. 케플레르의 제2법칙

즉 부채형의 면적 S_{SAH}, S_{SCD}, S_{SEF}는 같다.

이때 부채형의 활등의 길이 $\overset{\frown}{AH}$, $\overset{\frown}{CD}$, $\overset{\frown}{EF}$는 서로 다르다.

이로부터 태양둘레를 공전하는 행성들의 자리길속도는 자리길우의 모든 점에서 같지 않다는것을 알수 있다. 그러므로 태양으로부터 제일 가까운 점 A(**해가까운점**이라고 부른다.)에서의 자리길속도는 태양으로부터 제일 먼 점 C(**해먼점**이라고 부른다.)에서의 자리길속도보다 크다.

○ **케플레르의 제3법칙**

행성들의 자리길반경 a와 공전주기 T사이에는

$$\frac{T_1^2}{a_1^3} = \frac{T_2^2}{a_2^3} = \frac{T_3^2}{a_3^3} = \cdots = \frac{T_n^2}{a_n^3} = \text{일정}$$

의 관계가 있다. 다시말하여 행성자리길반경의 세제곱에 대한 공전주기의 두제곱의 비는 모든 행성에 대하여 늘 같은 값을 가진다. 이것은 **공전주기와 자리길반경사이의 관계법칙**이라고도 부른다.

이 법칙으로부터 자리길반경과 공전주기를 알고있는 행성을 리용하여 다른 행성의 자리길반경을 알고 공전주기를 계산하거나 공전주기를 알고 자리길반경을 쉽게 구할수 있다.

케플레르가 발견한 이 3개의 행성운동법칙은 1667년에 뉴톤이 만유인력법칙을 발견함으로써 리론적으로 확증되였다.

문 제

1. 태양계에는 어떤 천체들이 있는가?
2. 행성들은 어떻게 되여 태양에 끌려가지 않고 그 둘레를 타원자리길을 따라 안전하게 돌아가는가?
3. 화성의 공전주기는 T=1.88a이다. 화성의 공전자리길반경을 구하여라.

보충지식

① 소행성의 발견

소행성들은 화성과 목성사이에서 태양둘레를 도는 태양의 《가족》별이다.

소행성은 1801년 1월 1일에 처음으로 발견된 때로부터 지금까지 5 000여개나 알려졌다. 소행성들은 태양계행성들의 거리분포법칙이 나온 후 빠른 속도로 발견되였다. 소행성 쩨레라가 처음으로 발견된 후 1898년까지 17개, 1901년부터 약 50a동안에 6개의 비교적 큰 소행성이, 최근에는 비교적 작은 소행성들이 련이어 발견되고있다.

② 태양계행성들의 거리분포법칙

우리 나라 학자가 내놓은 태양계행성들의 거리분포법칙은 다음과 같다.

$$\sqrt{R_n} = k(n+1)$$

공식에서 n은 행성이 있을수 있는 자리길번호인데 태양쪽으로부터 밖으로 멀리 나가면서 n=1, 2, 3, …의 값을 가지며 R_n 은 자리길번호가 n인 행

성까지의 거리이다. k는 지구형행성에서는 k=0.21이고 목성형행성에서는 $k \approx$ 1.08이다.

이 공식의 계산값과 관측값을 비교하면 표 1-3과 같다.

행성들의 거리분포법칙에 의한 계산값과 실지관측값의 비교 표 1-3

행성모양	행성이름	n	$\sqrt{R_n}$		$\frac{\sqrt{R_n}}{n+1}$	k
			관측값	계산값		
지구형행성	X?	1	?	0.42	-	0.21
	수성	2	0.62	0.63	0.21	
	금성	3	0.85	0.84	0.21	
	지구	4	1.0	1.05	0.20	
	화성	5	1.23	1.26	0.21	
	소행성	6	1.58	1.47	0.23	
목성형행성	목성	1	2.28	2.15	1.14	1.08
	토성	2	3.09	3.24	1.03	
	천왕성	3	4.38	4.32	1.10	
	해왕성	4	5.48	5.40	1.10	

표에서 보는것처럼 공식에 의한 계산값과 실지 관측값은 잘 맞으며 태양계안의 행성들의 거리분포법칙을 잘 설명해주는것과 함께 태양계안에 행성과 행성계안에 위성이 더 있을수 있다는것까지 보여주고있다.

③ 천문학의 거리측정단위-광년과 파세크

태양계안에서 천체들까지의 거리측정단위로 천문단위(AU)를 리용하지만 이것은 별들까지의 거리를 재는데는 적합하지 않다.

왜냐하면 지구로부터 태양계밖에 있는 별까지의 거리가 대단히 멀기때문이다. 실례로 우리로부터 제일 가까운 별인 프록시마는 272 000AU, 다른 별들은 수십만AU 혹은 수백만AU의 거리에 있다. 이 거리를 km로 표시하면 모두가 14자리이상의 수자로 된다.

때문에 천문학에서는 먼 천체들까지의 거리를 측정하기 위하여 광년(ly)과 파세크(PC)라는 두가지 단위를 쓰게 된다.

1ly(**광년**)는 1s동안에 30만km씩 전파되는 빛이 1a동안 통과해가는 거리이다. 즉

$$1\text{ly} = 365.24 \times 86\ 400 \times 300\ 000\text{km} = 9.46 \times 10^{12}\text{km} = 63\ 300\text{AU}$$

1PC(**파세크**)는 1AU의 거리가 1″의 각크기로 보이는 거리이다. 즉

$$1PC = 206\ 265AU = 3.084 \times 10^{13} km = 3.26ly$$

이로부터

$$1AU = \frac{1}{206\ 265} PC$$

$$1ly = 0.307PC$$

그밖에도

$$1kPC = 1\ 000PC = 3.084 \times 10^{16} km = 3\ 260ly = 2.063 \times 10^{8} AU$$

$$1MPC = 1\ 000\ 000PC = 3.084 \times 10^{19} km = 3\ 260\ 000ly = 2.063 \times 10^{11} AU$$

라는 단위도 리용한다.

제3절. 지구의 자연위성 - 달

달은 지구둘레를 도는 유일한 자연위성이다. 달과 그의 운동에 대하여 잘 아는것은 사람들의 생활에서 매우 중요한 의의를 가진다.

달까지의 거리와 달의 크기

달까지의 거리는 전파탐지법으로 정확히 측정되였다.

지구중심으로부터 달까지의 평균거리는 384 403km로서 지구와 태양사이거리의 400분의 1이고 지구반경의 60배이다.

달까지의 거리를 알고있는 조건에서 달의 각크기를 재여 달의 직경을 알아낼수 있다. 달의 각크키는 평균 32′이므로 그의 직경은 3 476km이다.

달이 지구에 제일 가까이 있을 때 겉보기각크기는 32′46″이고 제일 멀리 있을 때에는 29′22″로서 평균 32′이다.

달의 운동과 그믐한달

달은 공전운동과 자전운동을 한다. 다시말하여 달은 지구의 둘레를 한바퀴 도는 사이에 자기축둘레로도 한바퀴 돌아간다.

이제 다음과 같은 실험을 해보자.

어두운 방안에서 벽의 한쪽 모서리에 전등을 켜놓고 방 한가운데 있는 책상우에 축구공을 올려놓은 다음 축구공둘레를 한바퀴 돌면서 불빛이 비쳐진 축구공의 밝은 면이 어느 위치에서 어떤 모양으로 보이는가를 살펴보아라.

이번에는 자기 손바닥우에 축구공을 올려놓고 팔을 쭉 편 다음

에 선 자리에서 한바퀴 돌면서 불빛이 비쳐지는 축구공면의 모습변화를 살펴보아라.

자리가 고정된 전등을 태양으로, 자기자신을 지구로, 축구공을 달로 생각하자.

축구공은 언제나 전등으로부터 그 절반부분이 밝게 비쳐지지만 그것을 바라보는 사람의 위치에 따라서 축구공면의 밝은 부분의 모습은 달라진다.(그림 1-12의 ㄱ)

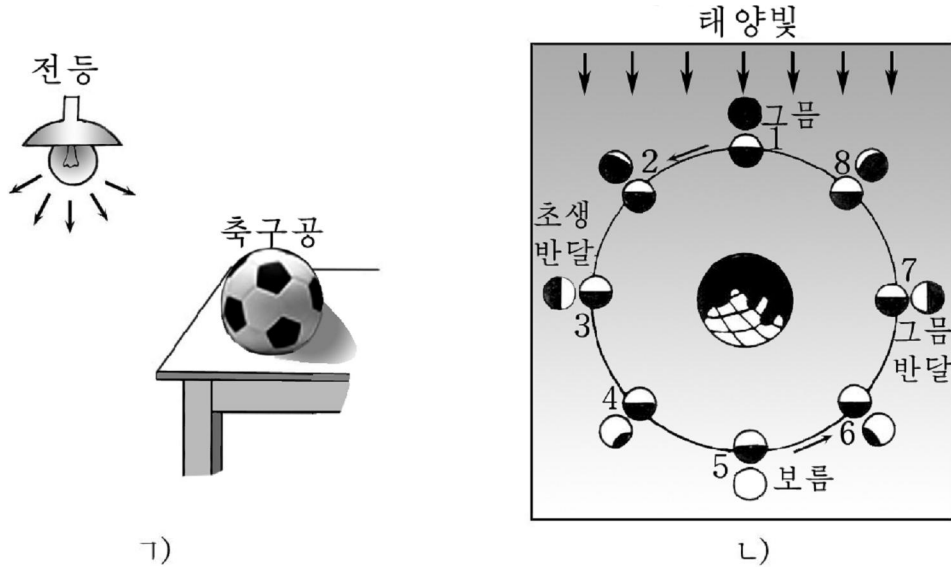



그림 1-12. 달의 모습변화

마찬가지로 태양과 지구, 달의 위치가 변하기때문에 달의 모습도 여러가지로 다르게 보인다.

그림 1-12의 ㄴ에서 지구가 태양과 달을 련결하는 직선우에 놓이는 5의 위치에서는 해빛에 비쳐진 달의 옹근면이 지구에서 다 보이므로 보름달이 되고 반대로 1의 위치에서는 지구에서 해빛이 비쳐지지 않은 달을 보게 되므로 달은 보이지 않는 그믐달로 된다.

그믐달의 위치에서 달이 벗어져나오면 해빛이 비쳐진 달면의 일부를 지구에서 보게 되므로 그림 2의 위치에서처럼 초생달로 된다.

태양, 지구, 달사이의 각이 90°로 되는 3의 위치에서는 오른쪽 반달(초생반달)이 되고 7의 위치에서는 왼쪽 반달(그믐반달)로 된다. 그리고 1～3, 3～5의 위치에서는 왼쪽으로 늘어나는 달로 보이고 5～7의 사이에서는 오른쪽으로 줄어드는 달이 되며 7～1의 사이에서는 왼쪽으로 우무러져 들어가는 달로 보인다.

이리하여 달이 지구둘레를 한번 공전할 때 그 모습이 그믐달로

부터 초생반달, 보름달, 그믐반달을 거쳐 다시 그믐달로 된다.

이와 같이 달의 모습이 변화되는 주기를 **그믐한달** 또는 **1삭망월**이라고 부른다.

그믐한달의 길이는 29.53d이다.

결국 그믐한달은 태양을 기준으로 하여 달이 지구둘레를 한번 공전하는 시간간격이다.

? 달은 매일 같은 시각에 뜨는것이 아니라 약 50min씩 늦게 뜬다. 왜 그런가.

지구는 태양둘레를 1a에 한바퀴 돌므로 하루에 약 1°씩 서쪽에서 동쪽으로 옮겨간다. 이렇게 움직이는 지구둘레로 달은 약 한 달동안에 한바퀴 돈다. 그러므로 달은 그믐달로부터 보름달로 되는 사이에 180°÷15=12°만큼 동쪽으로 옮겨가야 하지만 그사이에 지구가 또 1°만큼 자리를 옮겨가므로 달의 자리옮김은 13°로 되여 매일 약 50min씩 늦게 뜨는것이다.

다시말하여 달이 지구를 공전하므로 45min이 늦어지고 지구가 태양둘레를 공전하므로 5min 더 늦어지는것이다.

그믐달은 태양과 함께 아침에 뜨지만 뜨는 시간이 점차 늦어져 초생달은 한낮에, 보름달은 해가 질 때에 뜨며 그믐달은 한밤중에 뜬다.

달겉면의 물리적상태

한가지 문제를 더 생각해보아라.

매일밤 뜨는 달겉면을 자세히 살펴보면 늘 같은 모양으로 보인다. 즉 우리가 보는 달은 늘 달의 같은쪽 면이다. 그것은 달의 공전주기와 자전주기가 같기때문이다.

손바닥우에 올려놓은 축구공을 자기가 선 자리에서 돌면서 보면 잘 알수 있다. 다시 한번 자세히 관찰해보아라.

달의 나머지 뒤면에 대한 상세한 모습은 1959년에 쏘아올린 인공지구위성이 찍은 사진에서 처음으로 볼수 있었다. 달의 앞뒤면에는 높은 산과 골짜기, 넓은 벌이 있다. 다만 분화구들이 많은것이 지구와 조금 다를뿐이다.

달에는 물과 공기가 없다.(지하에만 적은 량의 얼음이 있다.) 그것은 달의 중력이 지구중력의 6분의 1밖에 되지 않으므로 자기

둘레에 공기를 잡아둘 능력이 없기때문이다. 이에 대해서는 공기분자들의 운동과 관련한 물리학의 법칙으로 깊이 생각하여보아라.

달에서는 낮과 밤이 약 14.5d씩 계속된다. 그것은 달의 공전주기와 자전주기가 같고 그믐한달의 길이가 29.53d이기때문이다.

문 제

1. 달의 모습이 달라지는 리유를 설명하여라.
2. 천체망원경으로 달의 화산을 관찰하고 그 특징을 말하여라.
3. 자기가 살고있는 지방에서 보름달이 언제 뜨는가를 관찰하여라.
4. 낮에 달이 보이는 리유를 밝혀라.
5. 달에서 낮과 밤이 약 14.5d씩 계속되는 리유를 설명하여라.

보충지식

① 달에서 본 하늘

달에는 대기가 없으므로 해빛이 산란되지 않으며 따라서 《푸른 하늘》을 볼수 없다.

달의 낮하늘은 지구의 밤하늘처럼 캄캄하고 별들이 잘 보인다. 차이가 있다면 캄캄한 하늘에서 밝은 태양을 볼수 있는것이다.

태양은 동쪽에서 떠서 서쪽으로 천천히 옮겨가면서 거의 보름동안 떠있게 된다.

그것은 달의 자전주기가 약 한달이기때문이다. 여기서 보름이란 지구시간으로 계산한것이다. 달에서 지구를 바라보면 지구에서 밤에 달을 보는것처럼 지구가 환하게 보이며 그 모습도 달처럼 한달을 주기로 달라진다.

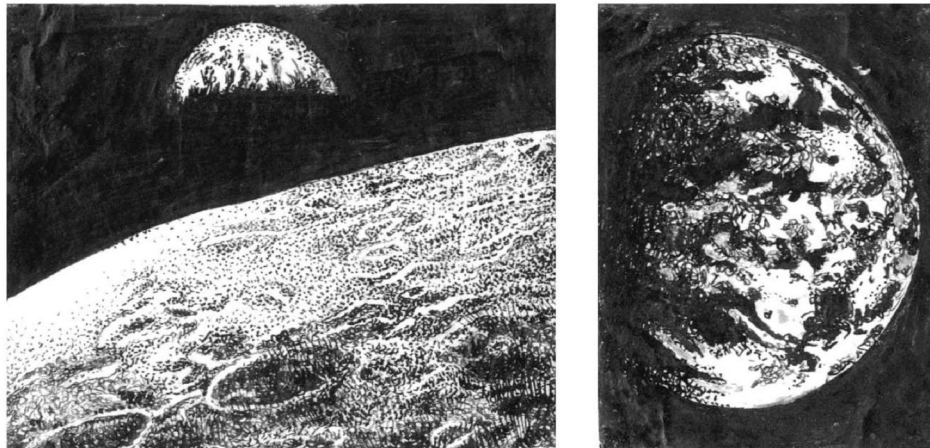



그림 1-13. 달에서 본 지구

② 달지진(월진)

달에서도 화산이 분출한다는 사실은 달에서 지진이 일어날것이라는 생각을 가지게 한다. 달에서 일어나는 지진을 **달지진** 또는 **월진**이라고 부른다.

달에 대한 사람들의 탐사를 통하여 월진에 대한 구체적인 연구가 진행되였다.

월진은 지진과 다른 특성을 가진다.

지진파는 세로파, 가로파, 겉면파로 갈라져 수min정도의 지속시간을 가지지만 월진파는 파갈림이 없이 1～2h동안 계속된다.

물과 공기는 일정한 량의 파를 흡수하여 그 특성을 일부 변경시킨다.

그러나 달에는 물과 공기가 없으므로 바위짬에 물기와 기타 다른 기체가 들어있지 않기때문에 월진파가 흡수되지 않고 오랜 시간 달겉면을 따라 전파되게 된다.

월진은 지진보다 드물게 일어나는데 한달에 약 60～170번정도 기록계에 나타난다.

월진은 달의 깊은 층에서 일어나는 월진, 태양열에 의하여 일어나는 월진, 달겉면에 떨어지는 별찌돌에 의하여 일어나는 별찌돌월진 등으로 나눈다.

관측자료에 의하면 월진의 대부분은 지구와 달사이의 거리가 가까와질 때 생긴다.

월진파를 리용하여 달의 내부구조를 알아본데 의하면 달은 땅껍데기, 웃층, 중간층, 아래층, 핵으로 되여있다.

③ 달이 생물계에 주는 영향

달은 지구둘레를 도는 자연위성으로서 지구에서 생존하는 생물계에 많은 영향을 미친다.

연구된 자료에 의하면 어떤 식물은 달이 환하게 비치는 보름경에 암수컷의 쉬붙임이 이루어지지만 어떤 식물은 그믐달이 뜨는 시기에만 쉬붙임이 이루어진다.

또한 물고기들가운데서도 어떤 물고기들은 달빛을 좋아하지만 어떤 물고기들은 달빛을 싫어한다고 한다.

그리고 지구와 달사이의 끌힘의 크기에 따라서도 자기의 생존방식을 달리하는 생물이 있다는것이 밝혀지고있다.

이것은 새로운 종의 생물을 얻어내거나 물고기잡이량을 늘이고 서식조건을 마련하는데서 효과성을 높이는 방도를 찾아낼수 있다는것을 보여준다.

제4절. 일식과 월식

식과 그 종류

다음과 같은 실험을 하여보자.

우선 구를 손바닥우에 올려놓고 태양과 구 그리고 자기 눈이 일치되게 한 다음 구를 태양가까이로, 다음 자기 눈가까이로 가져올 때 태양이 어떤 모양으로 보이는가를 보아라.

다음 흰 색갈의 벽면가까이에 전등을 켜놓고 한쪽 방향(벽쪽으로)으로만 빛이 비쳐지게 한 다음 벽면과 전등사이에 구를 놓고 구를 전등가까이로 가져갈 때와 벽면가까이로 가져갈 때 구그림자의 크기변화를 살핀다. 이때 구와 벽사이에 다른 구를 고정시키고 두번째 구에 생기는 첫번째 구의 그림자를 주의깊이 살펴본다. 어떤 변화가 생기는가.

관측자의 시선방향에서 서로 엇갈려 움직이는 천체들사이에서 일어나는 가림현상 다시말하여 한 천체가 다른 천체의 그늘속에 들어가 그의 일부 또는 전부가 가리워지는 현상을 **식**이라고 부른다.

식현상은 관측자의 시선방향에서 엇갈려 움직이는 물리적으로 서로 련관된 천체들사이에서 늘 일어나는 현상이다. 특히 태양, 지구, 달로 이루어진 물리적계에서 생기는 식현상이 대표적이다.

식에는 옹근식, 부분식, 가락지식이 있다.

옹근식은 달이나 지구의 그림자에 의하여 태양이나 달의 겉보기면이 완전히 가리워져 전혀 보이지 않는 현상이다.

부분식은 이 겉보기면의 어느 한쪽이 가리워져 일부분만이 보이는 현상이다.

가락지식은 이 겉보기면의 가운데부분이 가리워져 가락지처럼 보이는 현상이다.

지구에서 생활하는 사람들이 흔히 볼수 있는것은 태양, 지구, 달의 물리적계에서 일어나는 식이다.

일 식

태양이 달에 의하여 가리워져서 완전히 또는 부분적으로 그리고 가락지처럼 보이는 현상을 **일식**(또는 **해가림**)이라고 부른다.

그림 1-14. 일식의 시작과 마감

그림 1-14에서 보는것처럼 일식은 언제나 태양걸보기면 서쪽에서 시작되여 동쪽에서 끝난다.

일식은 지구, 달, 태양이 거의 같은 평면에 놓일 때 지구와 태양사이에 끼여든 달의 그림자에 의하여 태양걸보기면의 한쪽 면 또는 옹근전면 그리고 가락지모양으로 가운데부분이 가리워져 생긴다. 그것이 완전일식(옹근식)인가, 부분일식인가, 가락지일식인가 하는것은 지구둘레를 도는 달이 태양과 지구사이에서 어떤 자리에 놓이는가 하는데 관계된다.

달그림자의 길이는 대체로 36만 7천km로부터 38만km사이에서 달라지며 이때 달과 지구중심사이의 거리는 35만 6천km로부터 40만 7천km사이에서 변화된다.

완전일식의 지속시간 또는 가락지일식때 가락지너비는 태양과 달걸보기면의 크기(각크기)의 비에 관계되며 그 비는 지구의 타원자리길우의 어디에 지구와 달이 놓여있는가에 관계된다.

완전일식의 지속기간은 최대로 7min 41s로서 이날 지구는 태양가까운점에 있고 달은 지구로부터 먼점에 있게 된다.

그림 1-15의 ㄱ에서 보는것처럼 달그림자의 속그늘속에 들어간 곳에 있는 사람들은 완전일식을 보게 되며 겉그늘속에 들어가있

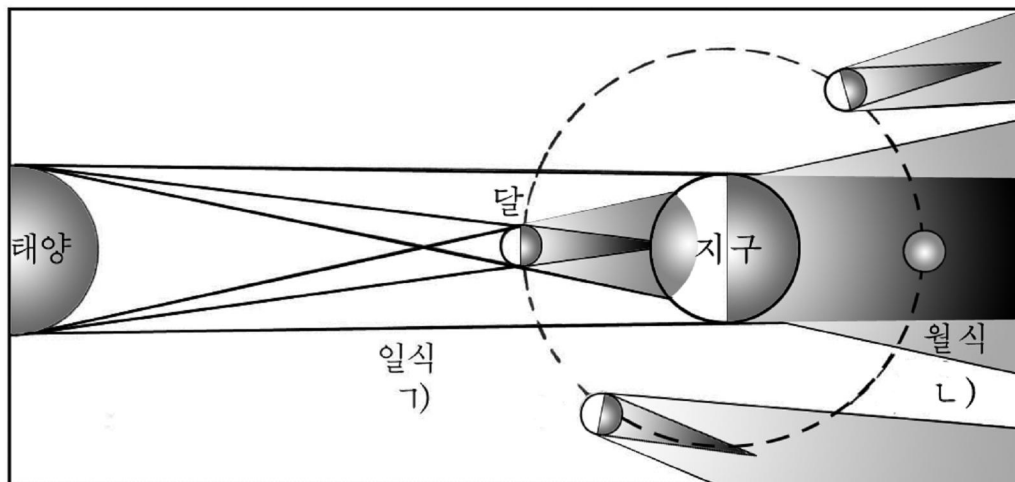



그림 1-15. 일 식

는 사람들은 부분일식을 보게 되고 그림자속에 들어가지 않는 사람들은 일식현상을 전혀 볼수 없다.

완전일식때에는 여느때에는 볼수 없는 태양코로나층과 장미색의 채구층을 볼수 있다.

일식은 그믐달의 경우에만 볼수 있다.

월식

월식도 자주 보게 되는 천문현상이다.

월식은 태양과 달사이에 지구가 놓이면서 보름달을 가리우는 현상이다.(그림 1-15의 ㄴ)

월식때 보름달은 동쪽 계선부터 사라진다. 달의 많은 부분이 지구의 그림자속에 들어가므로 눈관찰, 사진찍기 등의 어떤 방법으로 관측하는가에는 관계없이 시간에 따라 달모습의 변화가 눈에 띄게 나타난다.

월식에는 완전월식과 부분월식이 있다.

지구의 그림자가 달보다 훨씬 크므로 월식때에는 달겉면의 많은 부분이 지구의 그림자속에 들어가 지구상의 모든 곳에서 월식을 보게 된다.

완전월식때에는 달전체가 지구의 그림자속에 들어간다. 달겉면에 나타나는 지구의 그림자의 경계는 부분적으로 푸른 풀색빛을 띤다.

월식의 지속시간은 지구그림자에 대한 달의 위치에 관계되며 그 순간에 달의 크기에 비하여 지구의 그림자가 얼마나 큰가 하는데 따라서 달라진다.

달의 직경보다 지구그림자의 직경은 2.7배나 크다.

얼핏 생각할 때에는 월식이 일식보다 자주 있을것 같지만 월식은 한해동안에 한번도 일어나지 않을 때도 있고 제일 많은 경우에 3번정도 있게 된다.

1a동안에 일식과 월식은 합하여 7번정도 일어난다. 그가운데서 일식이 5번, 월식이 2번정도 있거나 일식이 4번, 월식이 3번정도 있을수 있다. 그러나 지구상의 모든 곳에서 월식을 볼수 있기때문에 사람들은 월식이 일식보다 더 자주 일어나는것처럼 생각한다.

일식은 음력으로 그믐경, 월식은 보름경에만 생긴다.

매달 보름달과 그믐달이 있지만 매번 일식과 월식이 생기지 않

는다. 그것은 달의 공전자리길면이 지구의 공전자리길면과 약 5°9′가량 경사져있기때문이다.

일식과 월식은 18a 11.3d을 주기로 같은 차례로 일어나며 이런 주기가 3번 지나면 지구의 같은 곳에서 새로운 식현상이 일어나게 된다.

앞에서 언급한것처럼 일식이 월식보다 더 자주 일어남에도 불구하고 사람이 자기의 일생에서 월식을 더 자주 보게 되는것은 무엇때문인가. 그것은 월식은 달쪽으로 향한 지구절반의 모든 곳에서 같은 순간에 다 볼수 있지만 일식은 300km밖에 안되는 좁은 띠구역안에서만 볼수 있기때문이다.

그렇지만 지구의 어느곳에서나 200～300a동안이면 꼭 한번은 일식을 보게 된다.

문제

1. 일식과 월식의 기본차이를 말하여라.
2. 왜 한달에 한번씩 일식과 월식이 일어나지 않는가를 그림으로 설명하여라.
3. 왜 가락지일식은 있는데 가락지월식은 없는가?

보충지식

① 사로스주기

식이 되풀이되는 18a 11.3d을 **되풀이주기** 또는 **사로스주기**라고 부른다. 이 기간에 71번의 가림이 생긴다. 즉 43번의 일식(39～48번)과 28번의 월식(25～30번)이 있게 된다.

이 사로스주기기간에 제일 많은 가림수와 제일 작은 가림수는 평균 290a 지나서 되풀이된다.

② 가장 긴 일식과 월식

적도지방에서만 관측할수 있는 가장 긴 일식의 연장시간은 7min 31s이다.

현재까지 관측된 일식가운데서 가장 긴것은 1955년 6월 20일 필리핀에서 7min 8s동안 관측되였다.

앞으로 가장 긴 일식은 2186년 7월 16일 대서양 복판에서 관측할수 있을것인데 그것은 7min 29s동안 지속될것으로 예견된다.

완전월식이 제일 오래동안 진행된것은 100min이상이다.

제5절. 태양계의 행성들

행 성

태양계에서 행성을 지구형행성과 목성형행성으로 나눈다.

1) 지구형행성

지구형행성들의 특성은 돌과 흙 등의 고체로 되여있고 크기는 비교적 작으며 목성보다 안쪽에서 자리길을 따라 태양둘레를 공전한다는것이다.

지구형행성에는 수성, 금성, 지구, 화성이 속한다.

수성. 수성은 해뜨기 전과 해가 진 다음 수십min정도 망원경으로 관찰할수 있다.

왜냐하면 수성이 태양으로부터 제일 가까운 거리에 배치되여 태양둘레를 공전하기때문이다.

수성의 직경은 4 878km로서 달보다는 크고 화성보다는 작다.

수성의 질량은 지구질량의 20분의 1정도이다.

수성의 공전주기는 88d이고 자전주기는 59d이다.

수성에는 대기가 거의 없으므로 낮과 밤에 겉면의 온도차가 매우 심하다.

낮에는 겉면의 온도가 673K(400℃)이고 밤에는 보통 73K(-200℃)으로서 몹시 춥고 건조하다.

수성의 겉면에는 달에서 볼수 있는 모양의 분화구들이 많다.

금성. 금성도 수성과 같이 해가 뜨기 전 동쪽 하늘과 해진 다음 서쪽 하늘에서 달다음으로 밝은 별로 보인다.

금성의 직경은 12 104km이고 질량은 지구질량의 80%정도이다.

금성의 공전주기는 225d이고 자전주기는 243d이다.

금성은 짙은 구름층으로 덮여있으므로 천체망원경으로는 그 겉면을 직접 관찰할수 없다.

우주탐사로케트의 사진자료에 의하면 금성도 지구처럼 땅덩어리로 되여있고 달에 있는것과 같은 분화구들이 많다. 금성은 그것을 덮고있는 짙은 구름층때문에 열선이 밖으로 빠져나가지 못하여 겉면의 온도가 매우 높다.

금성은 달처럼 모습변화를 일으킨다.

화성. 화성은 태양으로부터 4번째 자리길을 따라 태양둘레를 공전하는 행성이다.

화성의 직경은 6 794km로서 지구의 직경의 2분의 1이다.

화성의 자전주기는 24h 37min 23s이므로 지구의 하루길이와 비슷하다.

화성에서는 지구와 같이 4계절의 변화가 생긴다. 그것은 화성의 자전축이 공전자리길면에 대하여 65°의 경사각(지구는 66° 33′)을 가지고있기때문이다.

그래서 화성의 량극에 있는 흰 무늬의 《극관》이 여름에는 작아지고 겨울에는 커지는 등의 변화가 생긴다.(그림 1-16)

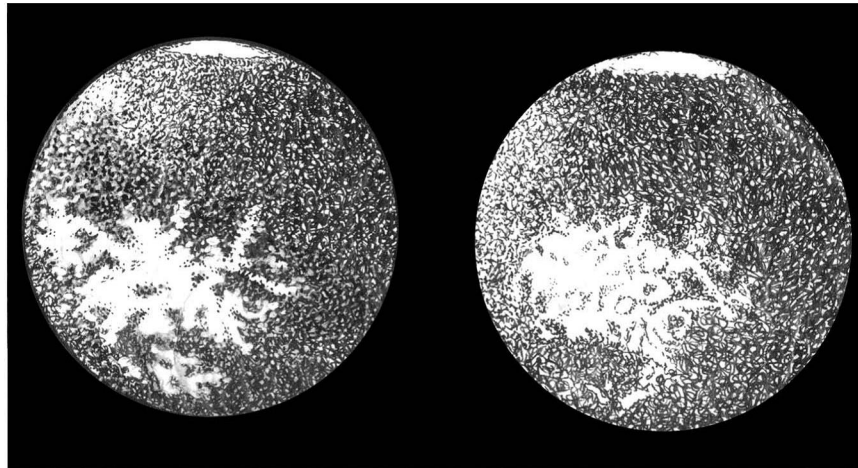



그림 1-16. 화성

2) 목성형행성

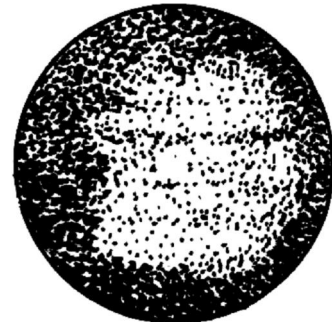
목성형행성들은 지구형행성들과는 달리 기체구로 되여있고 많은 자연위성들을 가지고있는것이 특징적이다.

목성형행성들은 태양으로부터 화성자리길밖에서 태양둘레를 공전한다.

목성형행성에는 목성, 토성, 천왕성, 해왕성이 속한다.

목성. 목성은 태양계행성들가운데서 제일 큰 행성이다.

그림 1-17. 목성

목성의 직경은 139 900km로서 지구직경의 11배이다. 목성의 체적은 지구체적의 1 300배이다.

목성은 태양으로부터 5번째 자리길을 따라 태양둘레를 공전한다. 목성의 공전주기는 11.9a이다. 목성의 공전자리길은 지구-태양사이거리의 약 5.2배 되는 곳을 지난다.

목성은 기체구이므로 그의 자전주기는 위도에 따라 9h 50min부터 10h사이에서 달라진다.

목성의 겉면은 매우 차다. 그의 겉면온도는 약 133K(-140℃)이다.

목성에서는 계절의 변화가 없다. 그것은 목성의 자전축이 공전자리길면에 대하여 거의 수직이기때문이다.

목성에는 63개의 위성과 토성모양의 얇은 가락지가 1개 있다. 목성에서 제일 큰 위성 4개는 배률이 작은 망원경이나 쌍안경으로 잘 볼수 있다.

토성. 토성은 태양계의 6번째 행성이다.

토성의 자리길은 태양으로부터 약 9.6AU의 거리에 있다.

토성의 공전주기는 29.5a이고 위도에 따라 그 자전주기가 10h 14min부터 10h 50min사이에서 변한다.

토성 역시 기체구이다.

토성의 직경은 120 660km로서 지구보다 9.4배 크다.

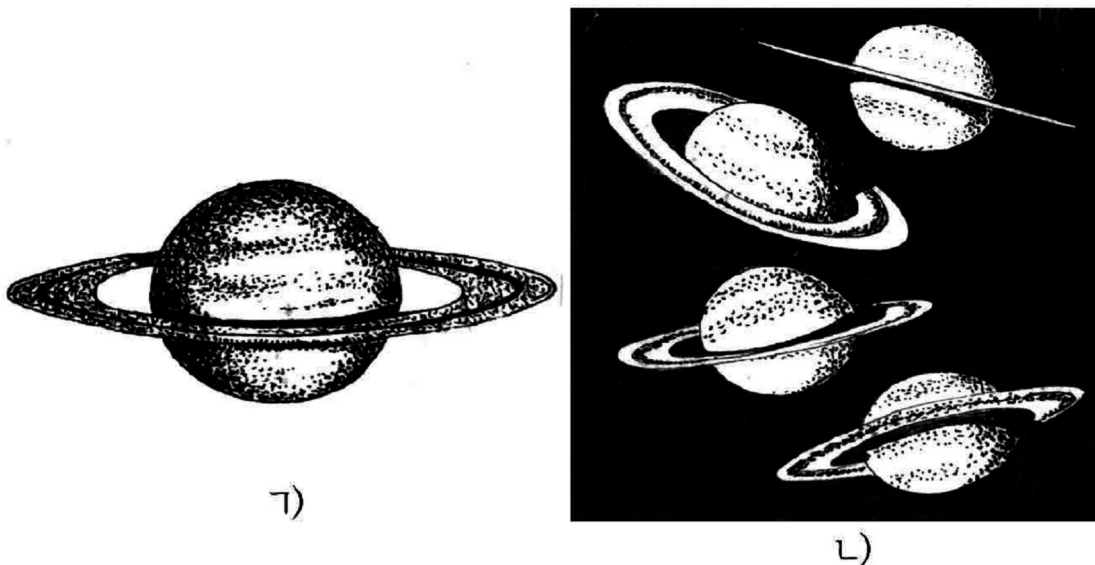



그림 1-18. 토성과 가락지모양의 변화

토성은 태양계에서 두번째로 큰 행성이다. 토성의 체적은 지구체적보다 756배 크다.

토성은 눈으로 직접 볼수 있는 행성들가운데서 제일 먼곳에

있는 행성이다.

토성에는 56개의 위성과 적도면에 평행인 7개의 가락지가 있다.

토성은 그림 1-18의 ㄴ에서 보는것처럼 공전자리길의 어느 위치에 있는가에 따라서 지구에서 보이는 가락지모양이 달라진다.

천왕성, 해왕성. 토성밖의 행성들은 망원경이 있어야 볼수 있는것들이므로 비교적 최근에 와서야 구체적으로 알게 되였다. 천왕성은 1781년에 발견되고 해왕성은 천왕성의 공전운동에 미치는 그것의 영향을 계산한 후에 관측의 방법으로 발견하였다.

천왕성의 직경은 50 800km로서 지구보다 4배 크다.

천왕성의 공전주기는 84a, 자전주기는 10h 49min이다.

천왕성에는 27개의 위성이 있다.

해왕성의 직경은 49 200km이며 공전주기는 165a, 자전주기는 14h이다.

해왕성에는 13개의 위성이 있다.

혜 성

혜성은 머리와 긴 꼬리가 있는 천체이다.

혜성은 태양둘레를 매우 길죽한 타원자리길이나 포물선자리길을 따라 공전한다.(그림 1-19)

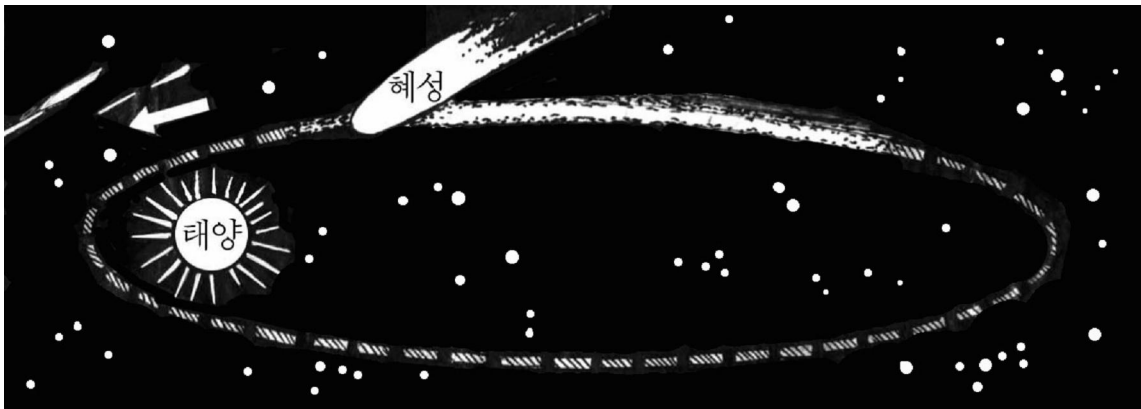



그림 1-19. 혜성의 공전자리길

타원자리길을 따라 공전하는 혜성은 주기혜성이고 포물선자리길을 따라 공전하는 혜성은 비주기혜성이다.

주기혜성의 대표적실례는 76a의 공전주기를 가지고 태양둘레를 도는 할레혜성이다.

이 혜성은 1986년에 지구에 가까이 다가온것으로 하여 자세히 관측할수 있었다.

혜성에는 왜 머리부와 꼬리부가 있는가.(그림 1-20)

혜성의 머리부분은 고체알갱이로 된 굳은 핵이다.

혜성의 핵에서는 태양열을 받아 작은 알갱이들이 떨어져나온다. 이 알갱이들이 태양빛압력에 의하여 뒤로 밀리면서 태양빛을 반사한다. 이렇게 되여 혜성의 꼬리가 생긴다.

그림 1-20. 혜성의 모양

태양빛압력은 태양으로부터 거리가 멀수록 작고 가까울수록 크다.

때문에 혜성이 태양가까운 자리길을 지날 때에는 꼬리가 길어지며 태양으로부터 멀어질수록 꼬리는 짧아진다.

혜성의 꼬리는 늘 태양과 반대쪽에 생긴다.

별찌와 별찌돌(운석)

맑은 날 밤하늘에서 밝은 줄을 그으면서 흘러내리는 밝은 천체를 **별찌**라고 부른다.

별찌는 왜 생기는가.

행성들사이의 공간에는 자체로 빛을 내지 않는 먼지와 알갱이들이 많다. 이것들은 태양의 끌힘을 받아 태양둘레를 돌아간다. 이것이 보통 말하는 **류성체**이다.

지구는 태양둘레를 공전하는 과정에 류성체들과 가까이 다가들게 된다. 이때 류성체가 지구끌힘에 끌리워 대기속으로 들어오면서 공기와 쓸리워 80～130km 높이에서 3～4s사이에 높은 온도로 가열되여 빛을 내면서 타버린다.

바로 이때 밝은 빛줄기가 생긴다. 즉 별찌가 눈에 보인다.

별찌가 채 타버리지 않고 땅우에 떨어진 작은 천체쪼각을 **별찌돌**(또는 **운석**)이라고 부른다.

별찌돌에 대한 연구분석을 통하여 천체들이 어떤 물질로 이루어져있는가 하는것을 알수 있다.

현재 국제친선전람관에는 위대한 수령 **김일성**대원수님께 다른 나라에서 선물로 올린 별찌돌이 보존되여있다.

소 행 성

소행성은 화성과 목성사이에 공전자리길을 가지고있다.

소행성들의 97%는 태양으로부터 2.17～3.65AU 거리에 그 자리길이 놓인다.

태양으로부터 소행성들의 평균거리는 2.75AU이다.

그러나 헤르메스와 같은 소행성은 태양가까이에서는 금성자리길근방까지 그 자리길이 놓이고 이까르와 같은 소행성은 수성자리길안에까지 자리길이 놓이며 히달고와 같은 소행성은 해먼점에서 토성자리길근방에까지 그 자리길이 놓인다.

현재까지 5 000여개이상의 소행성들이 발견되였다.

제일 큰 소행성의 직경은 770km이고 제일 작은 소행성의 직경은 1km이하이다.

소행성들은 보통 100～500km의 직경을 가진다.

소행성들에는 대기가 없다.

문 제

1. 수성은 왜 관측하기 힘든가를 설명하여라.
2. 지구형행성과 목성형행성의 본질적인 차이는 무엇인가를 설명하여라.
3. 화성과 지구의 물리적성질에서 비슷한 점과 차이나는 점이 무엇인가를 밝히여라.

보충지식

① 인공천체

오랜 기간 인간생활과 련관되여 발전하여온 천문학은 하늘에 있는 모든 자연천체들의 운동법칙을 하나하나 밝혀냈으며 급격히 발전하는 기술공학의 성과에 기초하여 인공지구위성, 인공행성들과 같은 인공천체들을 우주공간에

띄워올리는데 기여함으로써 우주를 정복하고 려행하려는 사람들의 환상을 현실화하였다.

력사상 처음으로 띄워올린 제1인공지구위성이 지구둘레를 돌아가게 된것은 우주개발에서 큰 사변이였다.

우리 나라에서는 자체의 힘과 기술로 개발한 다계단운반로케트로 주체87(1998)년 8월 31일 인공지구위성 《광명성1》호를 정확히 자기 궤도에 단번에 진입시키는데 성공하였으며 주체98(2009)년 4월 5일 운반로케트 《은하-2》호로 인공지구위성 《광명성2》호를 궤도에 진입시키는데 또다시 성공하였다.

매우 작은 인공천체로 시작된 인공천체의 발사는 오늘에 와서 매우 큰 궤도과학정류소까지 하늘에 띄워올리고있으며 수성, 금성, 화성, 목성, 토성, 천왕성, 해왕성에로의 탐사의 길을 개척해나가고있다.

② 화성의 두 위성

화성에는 2개의 자연위성이 있다.

그가운데서 안쪽 자리길을 도는것이 포보스이고 바깥자리길을 도는것이 데이모스이다.

이것들은 행성이나 다른 위성들처럼 둥글게 생기지 않고 막 생긴 돌덩어리모양을 이루고있다. 한가지 흥미있는 사실은 포보스의 공전주기가 화성의 자전주기보다 짧은것이다. 포보스의 공전주기는 7h 39min으로서 화성자전주기의 3분의 1정도이므로 화성에서 이 위성을 관찰하면 그것이 다른 별들과는 정반대로 서쪽에서 떠서 동쪽으로 빠른 속도로 움직여간다.

만일 화성이 자전하지 않는다고 가정하면 포보스는 화성에서 하루동안에 3번 떠서 3번 지겠는데 그사이에 화성자체가 한번 자전하므로 포보스는 두번 떴다가 지게 된다.

그와 반대로 데이모스는 동쪽에서 떠서 서쪽으로 천천히 움직여간다. 데이모스는 며칠에 한번씩 떠오른다.

화성에서도 낮과 밤기온의 차이가 심하다. 화성의 적도지방의 낮온도는 298～303K(25～30℃)이며 극으로 갈수록 온도가 급격히 낮아진다.

화성에는 80％의 이산화탄소가 섞인 희박한 대기가 있다.

최근 화성에 대한 무인탐사결과 화성에 물이 존재한다는 증거를 얻게 되였다.

또한 화성의 남극주변 가까운 겉면에서 많은 량의 수소가 발견되고 대단

히 큰 얼음지역을 찾아냄으로써 화성에 물이 존재한다는것과 화성기후에 알맞는 그 어떤 형태의 생물체가 있으리라는 확실한 증거를 쥐게 되였다.

③ 지구대기권과 물권

지구겉면의 70.8%는 물권이다. 이 물의 기본원천은 대양인바 여기에는 세계 물량의 97%가 들어있다.

대양에서는 센 흐름이 일어나므로 적도지방의 열을 극지방으로 날라가 지구의 기후를 어느 정도 조절해준다.

지구겉면의 약 3%가 얼음으로 덮여있는데 이 얼음을 녹여버린다면 대양의 물높이는 지금보다 62m나 높아지게 될것이다.

지구는 두터운 대기층으로 둘러싸여있다. 지구대기의 기본은 질소와 산소이다.

지구가 두터운 대기층으로 덮여있으므로 태양이나 우주로부터 날아오는 먼자외선의 위험으로부터 사람들의 생명을 보호해준다.

지구를 둘러싸고있는 이 두터운 대기층은 태양빛을 산란시켜(특히 푸른색과 풀색을 많이 산란시킨다.) 하늘이 푸른색을 띠게 하며 낮에는 별을 볼수 없게 한다.

제2장. 별과 우주

제1절. 별의 물리적성질

별자리와 별의 이름

별들을 쉽게 찾기 위하여서는 별하늘전체를 일정한 구역들로 나누어놓는것이 편리하다.

별자리란 별하늘전체를 일정한 다각형구역으로 나누고 이름을 붙인것을 말한다.

이것은 우리 나라 전체 지역을 도, 시, 군 등으로 나누고 주소를 달아놓은것과 비슷하다.

옛날사람들은 몇개의 밝은 별들을 서로 련결하고 거기에 신화에 나오는 사람이나 동물, 기계, 기구의 이름을 붙이였다.

이러한 이름들로는 여름철 밤하늘에서 은하수를 중심으로 쉽게 찾을수 있는 백조, 독수리, 거문고별자리들을 들수 있다.

그리고 겨울철 밤하늘에서 쉽게 찾을수 있는 삼태성이 들어있는 오리온별자리와 그옆에 씨리우스별이 들어있는 큰개별자리 등의 이름도 이렇게 지은것이다.

그러다보니 별자리들의 구분이 어떤 복잡한 곡선으로 되고 한개의 별이 두개의 별자리에 들어가거나 어떤 별은 그 어느 별자리에도 속하지 않는 경우가 생기게 되였다.

또한 나라마다 별자리의 개수와 이름이 다르게 불리우는 현상이 나타나게 되였다.

이 부족점을 없애기 위하여 1922년 국제천문학자회의에서는 전체 별하늘을 88개의 다각형구역으로 나누고 매 구역에 이름을 붙이였다.

이 이름들은 대체로 옛날의것을 그대로 보존하는 방향에서 정하였다.

그러므로 오늘에 와서 별자리라는 개념은 몇개의 별을 의미하는것이 아니라 하늘의 일정한 구역을 의미한다.

별의 이름은 해당한 별자리에서 밝기순서에 따라 α, β, γ, δ, …로 표시하며 그리스문자로 모자랄 때에는 수자번호를 매겨나간다.

특별히 밝거나 중요한 별들에 대해서는 이밖에 자기의 고유한 이름도 있다.

별의 등급

별의 등급은 별의 밝기정도를 나타내는 량이다.

밤하늘에서 별들을 자세히 보면 밝기가 서로 다르다는것을 알 수 있다.

어떤것은 밝고 어떤것은 너무 어두워서 겨우 보이는것들도 있다.

실례로 같은 빛세기를 가지는 별도 멀리서 볼수록 어둡게 보이며 따라서 별이 내는 빛세기는 별들을 같은 거리에서 보았을 때만 정확히 평가할수 있다.

별의 등급은 겉보기등급과 절대등급으로 구분한다.

겉보기등급은 눈에 보이는 별의 밝기에 따라 정한 등급이다.

B.C. 2세기경에 사람들은 맨눈으로 보이는 별들의 밝기표를 작성하였는데 그에 의하면 가장 밝은 별을 1등성으로 하고 겨우 보이는 희미한 별을 6등성으로 하였다. 그리고 그사이의 밝기를 가진것들은 2등성, 3등성, 4등성, 5등성으로 정하였다.

오늘날 정밀한 광도계로 측정하면 1등성은 6등성에 비해 100배 더 밝다. 다시말하여 1등성의 밝기는 6등성의 별 100개의 밝기와 맞먹는다.

그러므로 린접한 매 등급사이 별의 밝기의 비는 $\sqrt[5]{100}=2.512$ 이다. 마치 0℃를 기준으로 높은 온도는 +로, 낮은 온도는 –부호로 표시하는것처럼 1등성보다 더 밝은 별은 0등성, -1등성, -2등성, …으로 표시하고 6등성보다 더 어두워 망원경으로만 보이는 별은 7등성, 8등성, …등으로 표시한다.

별의 겉보기등급은 문자 m으로 표시한다.

두 별의 등급과 밝기사이에는 다음과 같은 관계가 있다.

$$m_1 - m_2 = 2.5\lg\left(\frac{E_1}{E_2}\right)$$

여기서 m_1, E_1는 첫째 별의 등급과 비침도이며 m_2, E_2은 두번째 별의 등급과 비침도이다.

이 식에 의하여 겉보기등급 m_2을 모르는 별의 비침도 E_2과 겉보기등급 m_1을 아는 별(표준별)의 비침도 E_1를 비교하여 등급 m_2을 결정할수 있다.

등급결정에 쓰이는 표준별로서는 주로 비침도와 등급이 알려져있는 북극성근방의 별들이 리용된다.

이렇게 결정한 겉보기등급은 대체로 북극성이 2.5^m, 직녀성이 0^m, 금성은 제일 밝은 때가 -4.4^m, 보름달은 -12.6^m, 태양은 -26.8^m이다.

별의 절대등급은 실지 별이 내는 빛세기에 따라 정한 등급이다.

별의 절대등급은 문자 M으로 표시한다.

별의 절대등급은 그 별을 32.6ly 거리 즉 10PC 거리에서 보았을 때의 등급이다.

별의 겉보기등급(m)과 절대등급(M)사이에는 다음과 같은 관계가 있다.

$$M = m + 5 - 5\lg r$$

여기서 r는 PC단위($1PC=3.084\times10^{13}$km)로 잰 별까지의 거리이다.

이 식에 의하여 별까지의 거리를 알면 겉보기등급을 재여 그 별의 절대등급을 구할수 있다.

이렇게 잰 태양의 절대등급은 4.8^m, 씨리우스는 1.3^m, 베텔큐스는 -3.9^m이다.

별의 운동과 별까지의 거리

우리 눈에 보이는 모든 별들은 우리로부터 대단히 먼 거리에 있기때문에 우주공간에서 어느 정도 움직이여도 알리지 않는다. 그러므로 오래동안 사람들은 하늘에서 별들은 움직이지 않는다고 생각해왔다.

별의 움직임은 몇개 밝은 별의 자리를 결정하여 이미 만들어진 목록의 자리표와 비교하는 방법으로 1718년에 처음으

로 알아내였다.

실례로 북두칠성이 속한 큰곰별자리의 별들을 보면 그림 2-1의 ㄱ은 10만a전의 북두칠성의 모양(창살모양)이였고 ㄴ은 지금의 모양(국자모양)이며 앞으로 10만a후에는 ㄷ의 모양(자루가 구부러진 창살)을 가지게 된다.

그림의 ㄴ에서 별들에 해당한 검은 점에 화살표를 그린것은 해당한 별들이 움직이는 방향을 나타낸것이다.

이와 같이 모든 별들은 우주공간의 여러 방향으로 매우 큰 속도로 운동한다.

그림 2-1. 북두칠성의 모양달라짐

별들의 구체적인 운동상태와 크기, 공간적분포상태를 연구하는데서 선차적으로 나서는 문제는 별까지의 거리를 정확히 측정하는것이다.

가까운 별까지의 거리는 삼각공식을 리용하여 결정한다.

3각형에서 길이를 잴수 있는 변을 **기선**이라고 부르며 기선의 두끝을 보는 시선들사이의 각을 **시차(보임차)**라고 부른다.

시차는 기선의 길이와 천체까지의 거리에 따라 달라진다.

즉 같은 기선에 대하여 시차는 거리가 멀수록 작아진다.

때문에 천문학에서는 지구의 반경 혹은 지구에서 태양까지의 거리를 기선으로 하여 천체의 시차를 측정한다.

지구의 반경을 기선으로 하고 별을 바라볼 때의 시차를 **일주시차**라고 부르며 지구에서 태양까지의 거리를 기선으로 하고 별을 바라볼 때의 시차를 **년주시차**라고 부른다.

이 시차들은 하루주기 혹은 1a주기로 그 크기가 계속 변한다.

때문에 측정에서는 시차가 제일 커지는 때 즉 기선을 수직되는 방향에서 보았을 때의 시차를 리용한다.

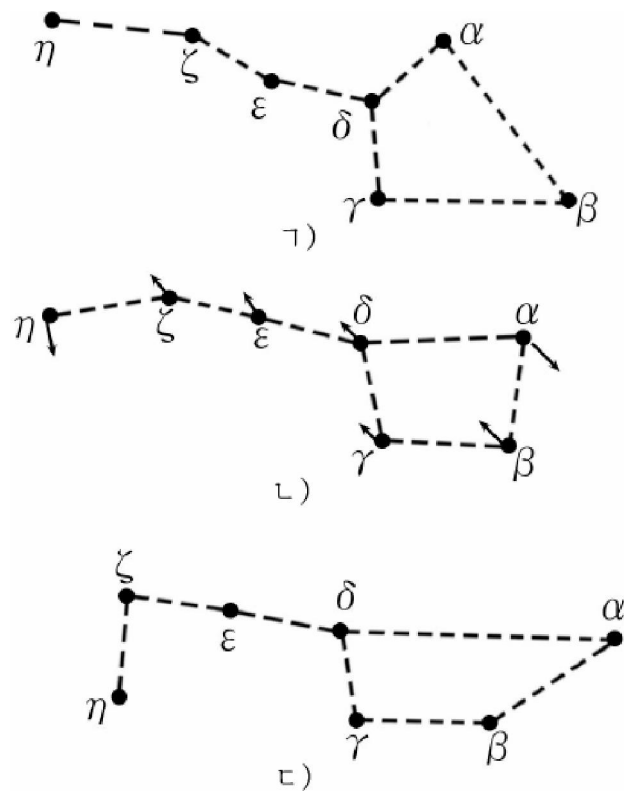
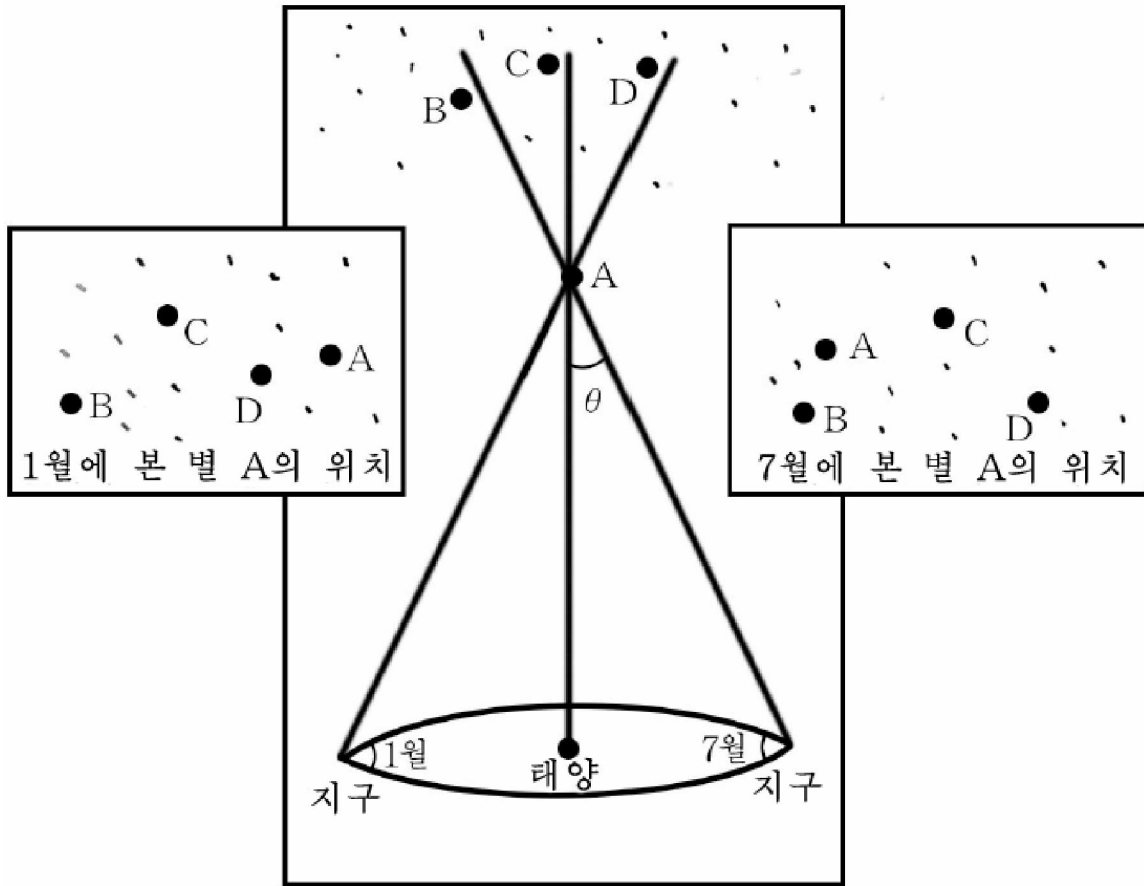



그림 2-2. 년주시차의 변화

지구가 태양둘레를 공전하므로 상대적으로 가까이 있는 별 A는 멀리 있는 별들 B, C, D 등에 대하여 그 위치가 달라져 보인다.

이처럼 지구공전자리길의 서로 반대쪽에서 본 가까운 별의 위치는 달라진다. 시차가 제일 커지는 때는 별의 방향이 지구와 태양사이를 련결하는 선과 수직인 때이다. 이때의 시차를 재면 별까지의 거리를 구할수 있다.

문 제

1. 별자리란 무엇이며 북극성 가까운 하늘의 별자리에 대하여 설명하여라.
2. 걸보기등급이 2.5^m인 북극성의 빛세기보다 1/10로 더 어두운 별의 등급은 얼마인가?
3. 걸보기등급이 0.9^m인 베텔큐스별의 절대등급은 얼마인가? 이 별까지의 거리는 300ly이다.

보충지식

별까지의 거리측정방법의 실례

지금까지 알려진 제일 가까운 항성은 켄타우르스별자리의 α별이다. 이 별의 년주시차는 (19/25)″이다. 이 별까지의 거리를 구하자.

그림 2-3. 별까지의 거리측정방법

그림 2-3에서 지구에서 별 M까지 거리는 ℓ, 지구에서 태양까지 거리는 $D=1.5\times10^{11}$m이며

$$\sin\theta=\frac{D}{\ell}$$

그런데 시차 θ가 작은 각이므로

$$\sin\theta\approx\theta$$

그러므로 $\ell=\dfrac{D}{\theta}$이다.

한편 $\theta=(19/25)''$를 rad(라디안)각으로 고치면

$$\theta=\frac{19}{25}\times\frac{2\pi}{360}\times\frac{1}{3600}\approx3.68\times10^{-6}(\text{rad})$$

$$\therefore\ \ell=\frac{1.5\times10^{11}}{3.68\times10^{-6}}\approx4.07\times10^{16}(\text{m})$$

$1\text{ly}=9.46\times10^{15}$m이므로 $\ell=4.31$y이다.

즉 켄타우르스별자리의 α별은 지구로부터 4.3ly의 거리에 있다.

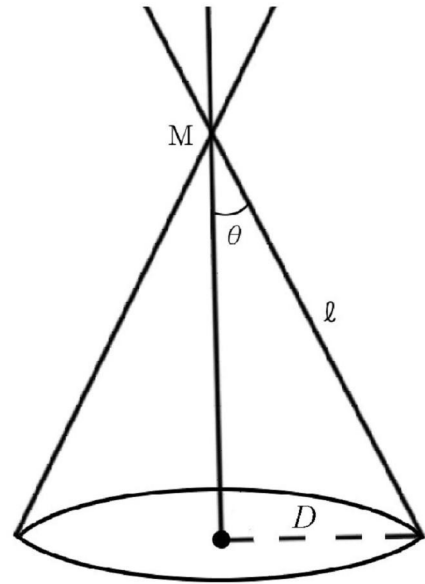
현대적인 망원경으로 잴수 있는 가장 작은 년주시차의 값은 (3/500)″이다. 즉 이보다 더 작은 값은 잴수 없다.

가장 작은 년주시차의 값(3/500)″를 거리로 환산하면 빛의 전파속도로 가도 500a이나 걸리는 거리이다.

이 값이 얼마나 작은가 하는것은 직경이 2.3cm인 구를 약 800km(2천리)밖에서 보는 그런 작은 각이라는것을 통해서도 알수 있다.

그러므로 대단히 멀리 있는 별까지의 거리는 시차를 잴수 없으므로 다른 방법으로 구한다.

현재 인류는 하블망원경으로 120억ly 거리의 별집단도 관측하고있다.

즉 인류가 내다볼수 있는 거리는 100억ly을 넘는다.

제2절. 거성과 왜성

크기에 따르는 별의 종류

우주공간에는 일정한 크기를 가진 구모양의 별들과 구름모양의 별들이 있다.

구름모양의 별들은 앞으로 별이 될수 있는 물질들의 모임이거나 어떤 큰 별이 폭발하여 생긴 물질들의 모임이다.

구모양으로 되여있는 별들의 크기를 측정한 결과는 서로 다르다는것을 보여준다.

태양직경의 1 000배가 되는 큰 별이 있는 반면에 태양직경의 300분의 1정도밖에 안되는 작은 별에 이르기까지 별들의 크기는 각이하다.

별들은 체적에 따라 거성과 중형별 그리고 왜성으로 나눈다.

거성은 체적이 크기때문에 겉면적이 넓어 그의 절대빛세기가 세다.

거성의 절대등급은 0^m정도이다.

그림 2-4. 거성과 왜성 및 태양의 크기비교

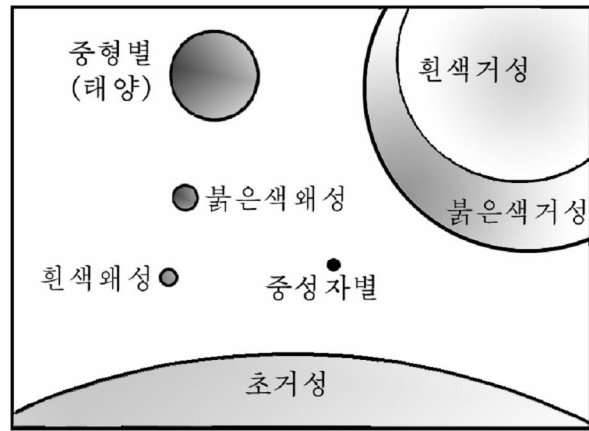
거성가운데서도 절대등급이 -2^m이상되는것을 **초거성**이라고 부른다.

초거성의 수는 그리 많지 못하다.

초거성중에서 겉면온도가 높아 흰색으로 보이는것을 **흰색초거성**이라고 부르며 체적은 대단히 크지만 온도가 낮아 붉은색으로 보이는것을 **붉은색초거성**이라고 부른다.

왜성은 체적이 작기때문에 겉면적이 작아 그의 절대빛세기가 약하다. 왜성의 절대등급은 10^m～15^m정도이다.

왜성중에서 겉면온도가 낮아 붉게 보이는것을 **붉은색왜성**이라고 부르며 겉면온도가 높아 흰색으로 보이는것을 **흰색왜성**이라고 부른다.

붉은색왜성은 왜성중에서 체적이 그중 커서 태양직경의 몇분의 1

정도이다.

흰색왜성은 항성들중에서 체적이 그중 작으며 지어 지구보다 작은것도 많다.

중형별과 왜성들중에는 주로 누런색, 붉은색을 띠는것들이 많다.

거성의 물리적성질

거성은 보통 태양의 체적보다 수백배나 크지만 밀도는 대단히 작다. 특히 붉은색초거성은 밀도가 가장 작은데 보통 10^{-2}kg/m^3정도이다. 오리온별자리의 α별인 베텔큐스의 평균밀도는 표준조건에서 공기밀도의 2천분의 1인 6×10^{-4}kg/m^3이다.

거성의 질량은 태양질량보다 크지만 그리 큰 차이는 없다.

대다수 거성들은 태양질량의 3～4배이며 흰색초거성의 질량이 제일 큰데 태양질량의 50～70배정도이다.

이처럼 거성의 질량에 한계가 있는것은 질량이 클수록 별내부에서 열핵반응이 더 세차게 일어나 별의 겉면물질을 날려보내기때문이다.

흰색거성은 겉면온도가 1만～3만K정도로서 푸른색 혹은 흰색을 띠며 별을 이루는 원소는 주로 수소와 헬리움이다.

그러므로 흰색거성의 나이는 매우 어리다고 볼수 있다.

붉은색거성은 흰색거성보다 그 수가 적다.

붉은색거성은 겉면온도가 3천～4천K정도로서 붉은색을 띤다.

붉은색거성을 이루는 원소는 수소, 헬리움과 함께 무거운 원소의 량이 많다.

그러므로 붉은색거성은 늙은 별이다.

붉은색거성의 중심은 10^8kg/m^3의 밀도로 헬리움이 극히 압축되여있다. 압축되여있는 구역의 반경은 별전체의 1/1 000이지만 여기에 별전체 질량의 1/4이 들어있다.

왜성의 물리적성질

왜성은 밀도가 크고 별겉면에서의 중력은 대단히 크다. 특히 흰색왜성은 겉면온도가 1만K정도로서 흰색을 띠며 체적은 항성들중에서 그중 작다.

흰색왜성인 끄이뻬르는 지구직경의 절반밖에 되지 않는다.

흰색왜성의 밀도는 물의 밀도의 수천배에 달한다.

어떤것은 밀도가 $2.4\times10^{9}kg/m^{3}$나 된다.

이런 물질은 크기가 성냥갑만 하면 질량이 수십t에 달한다.

흰색왜성의 밀도가 이렇게 큰 원인은 별내부의 온도가 높아 전자들을 잃은 원자핵들이 높은 온도와 압력밑에서 서로 가까이 다가들게 되였기때문이다.

흰색왜성은 온도가 높지만 크기가 작기때문에 빛세기는 작다.

흰색왜성의 질량은 태양질량정도이다.

때문에 겉면에서의 중력은 지구에서보다 100만배정도 더 크다.

흰색왜성의 내부온도는 1 000만K이나 되지만 핵반응원천이 거의 없어진 늙은 별로서 내부에서의 열핵반응은 일어나지 않는다.

그러므로 흰색왜성은 점차 밝기와 온도가 낮아지면서 별로서의 존재를 마치게 된다.

붉은색왜성은 겉면온도가 3 000K정도로서 붉은색을 띠며 체적은 흰색왜성보다 크다.

붉은색왜성은 은하계안에서 많은 수를 차지한다.

그것은 이 별의 수명이 다른 별의 수명보다 길기때문이다. 또한 별은 크고 온도가 높을수록 별내부에서의 열핵반응이 더 세차게 일어나 핵반응원천이 빨리 없어지지만 질량이 작고 온도가 낮은 붉은색왜성에서는 열핵반응이 서서히 진행되기때문이다.

문 제

1. 크기에 따르는 별의 종류에 대하여 말하여라.
2. 거성과 왜성의 물리적특성을 대비하여 설명하여라.

보충지식

① 프라운호페르선

1802년에 영국의 천문학자 월리암은 처음으로 태양의 스펙트르를 얻었다. 그는 태양빛이 여러개의 검은 선에 의하여 가리워진 련속스펙트르로 되여있다는것을 발견하였다.

그후 1814년에 도이칠란드학자 프라운호페르는 에돌이살창을 쓴 분광기로 태양스펙트르에서 754개의 검은 선 즉 흡수선을 얻었다.

이 선을 오늘날 **프라운호페르선**이라고 부른다.

그는 실험실에서 연구한 어떤 원소의 스펙트르에서 복사선과 같은 위치에 태양스펙트르의 몇개 검은 선이 놓인다는것을 알았다.

그러나 유감스럽게도 그는 그 리유를 밝히지 못하였다.

그때부터 50a동안 프라운호페르선의 비밀은 학계의 수수께끼로 남아있다가 1859년 도이췰란드학자 킬호프가 설명하였다.

그에 의하면 수백만K이나 되는 태양내부에서 생긴 련속스펙트르가 상대적으로 온도가 낮은 태양대기를 통과할 때 대기층에 있는 원자들에 의하여 흡수되여 프라운호페르선이 생긴다는것이다.

즉 프라운호페르선은 태양과 같은 천체의 대기에 있는 원소를 가리켜준다.

② 별의 《스펙트르-빛세기》도표

1913년에 천문학자 헬쯔쉬프룽과 라셀은 서로 독립적으로 색과 밝기가 정확히 관측된 모든 별들에 대하여 호상관계를 보여주는 도표를 그리였다.

이들은 이 도표를 그릴 때 별의 내부성질에 대한 그 어떤 실머리라도 얻어보려고 하였다. 그러나 결과는 이들이 기대하였던것보다 훨씬 더 큰것이였다.

별의 스펙트르와 빛세기사이 관계를 보여주는 이 도표를 **《스펙트르-빛세기》도표**(헬쯔쉬프룽-라셀(H-R)도표)라고 부른다.

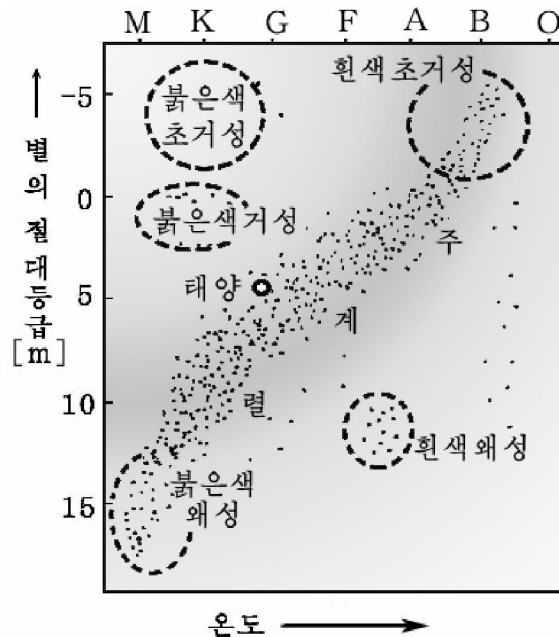
그림 2-5에서 보는것처럼 별들은 도표의 전체 구역에 골고루 널려져있는것이 아니라 일정한 구역에만 놓여있다.

도표의 대각선방향으로 점들이 집중된 구역을 **주계렬**이라고 부른다. 주계렬밖에 붉은색거성과 흰색왜성들이 일부 있다. 전체 별들의 90% 이상이 주계렬에 속한다.

그림 2-5. 스펙트르-빛세기도표

이 도표는 별의 진화과정을 설명하는것을 비롯하여 천체물리학을 연구하는 학자들에게 있어서 중요한 의의를 가진다.

③ 별의 스펙트르형

많은 별들을 흡수선의 특성이 비슷한것들끼리 묶어 7개의 스펙트르형으

로 분류하였다. 그리하여 어떤 별의 스펙트르형을 알게 되면 그 별의 중요한 물리적특성을 간단히 알수 있게 된다.

별들은 그 스펙트르에 따라 O, B, A, F, G, K, M형으로 나눈다.

O형별은 스펙트르에 수소와 헬리움 및 이온화된 헬리움의 흡수선이 있는 별인데 별의 온도는 대단히 높아 3만~5만K정도로서 푸른색이다.

B형별은 헬리움의 흡수선이 강하게 나타나기때문에 **헬리움별**이라고 부른다. 이 별의 온도는 1만~3만K이며 색은 푸른 흰색이다.

A형별은 스펙트르에 수소의 흡수선이 강하게 나타나기때문에 수소별이라고도 부른다. 온도는 8천~1만K이며 색은 흰색이다.

F형별의 스펙트르에는 칼시움, 마그네시움, 철, 이온화된 칼시움의 흡수선이 있다. 온도는 7천~8천K이며 색은 연한 누런색이다.

G형별의 스펙트르에는 금속의 흡수선이 강하며 온도는 6천K정도이다. 색은 누런색이다. 우리 태양도 G형별에 속한다.

K형별에는 금속의 흡수선들이 강하며 산화티탄의 약한 흡수선들이 나타난다. 온도는 4천K정도이며 색은 감색이다.

M형별에는 산화티탄의 흡수선들이 강하게 나타난다. 온도는 2천~3천 5백K이며 색은 붉은색이다.

이처럼 별의 스펙트르형은 별의 온도와 별을 이루는 원소를 가리켜줄뿐만아니라 별에 관한 많은 비밀을 알려준다.

④ 별의 에네르기원천

우리는 앞에서 별들도 수명을 가지고있다는데 대하여 보았다.

별들이 1s마다 막대한 량의 빛과 열을 우주공간에 내보내는데 그 에네르기원천이 없어지면 별은 죽고만다.

별의 에네르기원천은 별이 수축되면서 나오는 중력에네르기와 핵융합반응때 나오는 원자핵에네르기이다.

여기서 별의 중력에네르기는 별내부에서 핵반응이 일어나지 않는 별의 형성단계와 마감단계에서만 의의를 가지며 핵에네르기에 비해 보잘것없다.

별의 에네르기원천에서 기본을 이루는것은 원자핵에네르기이다.

높은 온도와 압력하에서 가벼운 원자핵들이 보다 무거운 원자핵으로 전환되는 열핵반응이 진행되는데 이때 막대한 량의 에네르기가 나온다.

태양과 같은 별이 열핵반응을 일으키면서 지금과 같은 속도로 에네르기를 복사한다면 이 별은 약 100억~1 000억a동안 존재할수 있다.

이처럼 하늘의 모든 별들은 원자핵에네르기에 기본적으로 의존하고있으며 흰색왜성과 같은 핵반응원천이 없어진 별들에서는 중력에네르기에 의해 유지되고있다.

제3절. 이중별, 변광별, 새별

이 중 별

별하늘에는 두개의 별이 서로 쌍을 지어 가까이 놓여있는것들이 많다.

서로 가까이 접근하여있으면서 두 별로 된 계의 질량중심둘레를 공전하는 별들을 **이중별**이라고 부른다.

두 별가운데서 크고 밝은 별을 **엄지별**이라고 부르며 작은 별을 **따름별**이라고 부른다.

천문학에서 이중별은 중요한 연구대상으로 되고있다.

그것은 이중별에 대한 관측과 계산에 의하여 별들의 질량, 직경 및 밀도 등을 결정할수 있기때문이다.

별세계에서 이중별은 많은 몫을 차지한다.

천체망원경으로 갈라볼수 있는 별쌍을 **겉보기이중별**이라고 부른다.

겉보기이중별은 매개 별이 자체로 빛을 내는 별인데 두 별의 물리적성질이 같은 경우도 있고 서로 다른 경우도 있다.

두 별의 운동자리길과 주기를 연구하여 별들의 질량을 알아낸다.

천체망원경으로는 두 별을 갈라볼수 없으나 스펙트르분석법에 의하여 두개의 별로 갈라볼수 있는것을 **분광이중별**이라고 부른다.

두 별이 서로 가까이 있어 공전주기가 짧으며 운동자리길면이 관측방향과 기본적으로 일치할 때에는 시선속도의 주기적인 변화에 의하여 두 별의 스펙트르선이 주기적으로 편기된다.

여기서 시선속도란 별이 관측자에게로 가까와지거나 멀어지는 방향의 속도를 말한다.

이때는 도플러효과에 의하여 빛의 파장이 짧아지거나 길어지는 현상이 나타난다. 즉 가까와질 때에는 스펙트르선이 보라색쪽으로 변위를 일으키며 멀어질 때에는 붉은색쪽으로 변위를 일으킨다.

그림 2-6에서와 같이 두 별의 운동자리길면이 관측방향과 일치할 때(A_1, B_1자리)에는 시선속도가 0이므로 두 별의 스펙트르에서 같은 선들은 하나의 선으로 일치된다.

그림 2-6. 분광이중별의 자리길운동과 스펙트르선의 갈라짐

그러나 두 별의 운동자리길면이 다른 점에서는 시선속도가 멀어지는 방향과 다가드는 방향으로 차이난다.

이와 함께 스펙트르선도 도플러효과에 의해 점차 갈라진다.

점 A_2, B_2에서는 스펙트르선이 최대로 갈라진다.

갈라지지 않고 한쪽으로만 편기되는 선은 어느 한 별에만 있는 스펙트르선이다.

이처럼 스펙트르선들은 엄지별과 따름별이 질량중심둘레를 한바퀴 공전하는 사이에 두번 갈라졌다가 합쳐지게 된다.

두 성분별가운데서 한 별이 다른 별을 가리우게 되여 이중별의 밝기가 주기적으로 변하는 이중별을 **식이중별**이라고 부른다.

이중별가운데는 망원경으로써도 갈라볼수 없으나 자리길운동을 하면서 한 별이 다른 별을 가리우는 식현상으로 인하여 별의 밝기가 주기적으로 변하는것들도 있다.

그림 2-7. 식이중별(알골)의 빛세기변화

대표적인것은 페르세우스별자리의 β별인 알골이다.(그림 2-7)

두 별이 다 보일 때(D, B 자리)는 빛세기가 최대로 되며 어두운 별이 밝은 별을 가리울

때(A자리)는 빛세기가 최소로 되고 밝은 별이 어두운 별을 가리울 때(C자리)는 빛세기가 약간 작아진다.

변 광 별

빛세기가 일정하지 않고 주기적으로 혹은 비주기적으로 변하는 별을 **변광별**이라고 부른다.

변광별가운데는 하루동안에도 그 밝기가 2배나 변하는것도 있다.

우리가 잘 알고있는 북극성도 그 밝기가 4d 주기를 가지고 9% 변하는 변광별이다.

변광별은 빛세기변화의 주기성이 있는가 없는가에 따라 주기변광별과 비주기변광별로 나눈다.

주기변광별은 주기의 길이에 따라서 쩨페이드변광별과 긴주기변광별로 나눈다.

1784년 쩨페우스별자리의 δ별(변광별)이 발견된 이후 그와 류사한 변광별이 많이 발견되였다. 이런 류형의 변광별을 **쩨페이드**라고 부른다.

쩨페이드는 그림 2-8에서와 같이 상대적으로 빨리 밝아졌다가 천천히 어두워지는 변광별이다. 밝아질 때보다 어두워질 때의 시간이 2～3배 더 길다.

제일 밝을 때와 제일 어두운 때 등급차는 수분의 1^m로부터 1～2^m정도이다. 쩨페이드는 그것들의 빛세기변화주기가 대다수 1～50d사이에 있는데 5～6d인 것들이 제일 많다.

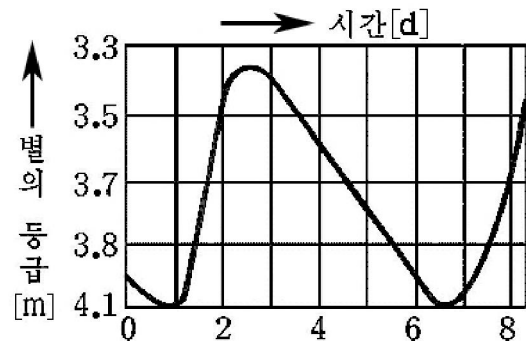



그림 2-8. 쩨페이드변광별의 빛세기변화

주기가 긴 쩨페이드일수록 그의 절대빛세기는 증가한다. 이것을 리용하여 별떼안에서 쩨페이드의 절대등급을 알고 그의 겉보기등급을 재여 별까지의 거리를 구할수 있다. 이 방법에 의하여 지구로부터 가까운 다른 은하계까지의 거리를 처음으로 측정하였다.

이외에 주기가 90～700d 되는 긴주기변광별과 전혀 규칙성과 주기성이 없는 변광별들이 있다.

새 별

어두워서 잘 보이지 않던 별이 2～3d사이에 갑자기 빛세기가 수만배로 밝아지는 경우가 있는데 이러한 별을 **새별**(신성)이라고 부른다.

이처럼 새별은 전혀 없었던 곳에서 새로운 별이 나타난것이 아니라 밝기가 약한 별이 폭발하여 갑자기 밝아진 별이다.

우리 나라 천문기록에 의하면 선조들이 객성(혜성, 새별, 큰새별)을 여러개 관측하였다는 사실이 있다.

관측에 의하면 새별은 2～3d사이에 밝기가 수만배로 밝아졌다가 몇a사이에 서서히 어두워져 본래의 밝기상태로 되돌아간다. 밝기가 급격히 커지는것을 **새별폭발**이라고 부른다.

지금까지 알려진 새별의 수는 약 300개정도인데 그중 절반은 우리은하계안에서 폭발한것이고 나머지는 다른 은하계에서 폭발한것이다. 그런데 어떤것들은 약 20회나 반복하여 폭발하였다. 우리은하계안에서는 매해 200개정도의 새별폭발이 있을것으로 예견되고있으나 실제로 태양주변에서 관측되는것은 1a에 2～3개정도이다.

현재 관측되고있는 행성모양별구름은 둥근가락지와 비슷한 기체덩어리와 그 중심에 밝은 별이 있는데 이것은 그 어느때인가 새별이 폭발하여 생긴것으로 보고있다.

새별의 빛세기가 급격히 증가했다가 감소하는 원인은 별이 폭발되는 순간 막대한 량의 조밀한 기체가 1s마다 수백km의 속도로 별주위에 흩어지기때문이다. 례를 들어 태양만 한 별이 폭발하면 몇h사이에 조밀한 태양기체물질이 지구공전자리길보다 더 큰 구모양으로 퍼진다. 이때 많은 빛에네르기를 복사한다.

별에서 떨어져나온 기체구름은 사방으로 퍼져나가면서 점차 희박해진다. 그리하여 별의 빛세기는 점차적으로 감소하며 본래상태로 된다.

새별보다 폭발규모가 훨씬 큰 폭발을 하는 별을 **큰새별**(초신성)이라고 부른다.

큰새별은 새별보다 수백～수천배 더 큰 폭발을 한다.

큰새별이 제일 밝아졌을 때 절대등급은 -15^{m}정도로서 태양보다 4 000만배나 더 밝다.

새별인 경우 별의 폭발은 별의 껍데기에서만 일어나지만 큰새

별폭발은 별전체에서의 폭발이다.

큰새별이 나타나는것은 매우 드문 일이다. 최근 1 000a동안에 우리은하계에서 불과 3번밖에 큰새별이 나타나지 않았다.

그것은 1054년 황소별자리방향에서 나타난 큰새별과 1572년 카시오페아별자리방향에서 나타난 큰새별 그리고 1604년 땅군별자리방향에서 나타난 큰새별이다.

큰새별이 폭발할 때 흩어져나가는 물질은 별둘레에 별구름을 만들었다가 시간이 지남에 따라 점차 우주공간으로 퍼져나가게 된다.

이렇게 생겨난 기체별구름은 우리은하계안의 라지오파와 우주선원천의 하나로 되고있다.

황소별자리에 있는 게모양별구름의 질량은 태양질량의 2배나 되는데 거기에서는 지금도 센 라지오파가 나오고있다.

문 제

1. 이중별의 종류를 말하여라.
2. 쩨페이드변광별의 특징을 말하여라.
3. 새별의 빛세기가 급격히 증대되는 리유를 설명하여라.

보충지식

① 암흑따름별

이중별가운데는 망원경으로도 보이지 않는 암흑따름별을 가진것들도 있다.

19세기초에 큰개별자리의 α별인 씨리우스나 작은개별자리의 α별인 프록씨온의 운동에 계통적인 요동이 있다는것이 발견되였다.

이것은 이 별들가까이에 빛세기가 작아서 망원경으로 보이지 않는 따름별이 있다는것을 말해준다. 이러한 따름별을 **암흑따름별**이라고 부른다.

② 중성자별과 맥동별

1932년에 이전 쏘련의 물리학자 란다우에 의하여 중성자들로만 구성된 중성자별이 존재할수 있다는것이 리론적으로 예언되였다. 즉 큰새별이 폭발할 때 중심은 고압때문에 심히 응축되여 개개의 전자와 양성자가 서로 결합함으로써 중성자로 된다는것이다.

이때 태양질량정도인 별의 반경은 겨우 15km밖에 되지 않으며 별은 중성자만으로 이루어진다는것이다.

이러한 별을 **중성자별**이라고 불렀다.

이 별은 1968년에 천문학자들에 의해 발견되였다.

중성자별은 크기가 작은 별이지만 밀도는 흰색왜성보다도 10억배나 더 크며 중력은 지구중력의 1천억배나 된다. 이런 별물질은 성냥곽만 한 크기의 쪼각이면 무려 100억t이라는 상상하기 어려운 질량을 가진다.

이처럼 중성자별은 무거운 별이 자기 일생의 최후에 폭발적으로 수축될 때 형성된 매우 압축된 초고밀도물질로서 이루어진 천체이다.

중성자별은 수축될 때 자전속도가 빨라진다.

중성자별의 센 자기마당이 자전축과 경사지어있을 때 일정한 주기를 가진 센 라지오파가 복사된다. 이런 별을 **맥동별**(또는 **팔스**)이라고 불렀다.

맥동의 주기는 별의 자전주기와 같은데 0.03～3.7s로서 매우 짧다. 맥동라지오파의 복사와 함께 자전주기는 점차 늦어진다. 때문에 주기가 짧은 맥동별일수록 나이가 어리다고 말할수 있다.

③ X선별

우주공간에는 X선대역의 전자기파를 복사하는 별들도 있다. 이러한 별을 **X선별**이라고 부른다.

X선을 내는 별가운데는 X선맥동별도 있다. X선맥동별은 중성자별로서 X선대역의 맥동전자기파를 복사한다.

④ 검은구멍

최근 X선천문학의 연구결과에 의하면 우주공간에는 검은구멍으로 불리우는 특이한 천체가 존재한다고 보고있다.

별의 크기가 중성자별의 15km 한계를 넘어서 더 조여들어 3km 반경까지 수축하는 경우 특이한 현상이 나타난다는것이 리론적으로 예언되고있다.

이때 별걸면에서는 중력이 너무 커서 빛도 나오지 못하므로 별은 보이지 않는다. 즉 검은구멍으로 된다.

검은구멍은 빛이나 물질들을 빨아들이기만 하지 아무것도 내보내지 않는 우주의 함정이다.

그러므로 검은구멍은 직접 관측할수 없는 대상이다.

그러나 검은구멍가까이에 다른 별이 접근하는 경우 검은구멍의 커다란 중력에 의하여 별물질이 검은구멍방향으로 가속된다. 이것이 검은구멍에 도달하면 서로 부딪쳐 강한 X선을 낸다. 그러므로 검은구멍은 X선별의 원천으로 될수 있다.

실레로 백조별자리 X-1라고 부르는 푸른색초거성옆에 있는 X선원천을 검은구멍으로 보고있다.

제4절. 우리은하계와 다른 은하계

우리은하계의 구조와 운동

맑게 개인 여름날 저녁 우리는 밤하늘에 뻗어간 은하수를 볼수 있다.

은하수란 밤하늘에서 큰 원을 따라 전 하늘을 가로질러간 띠모양의 은백색의 빛흐름을 말한다.

은하수를 천체망원경으로 관찰하면 수많은 별들과 밝은 빛을 내는 별구름들로 이루어져있다는것을 알수 있다.

은하수를 비롯한 별들의 큰 집단을 **은하계**라고 부른다.

우리은하계란 은하계들가운데서 우리태양계가 속해있는 별들의 큰 집단을 말한다.

우리태양계를 포함하고있는 우리은하계는 평평한 원반모양으로 생겼다.(그림 2-9)

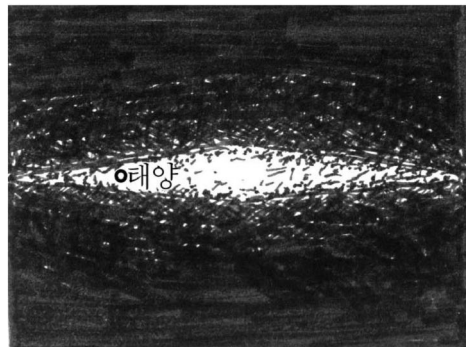
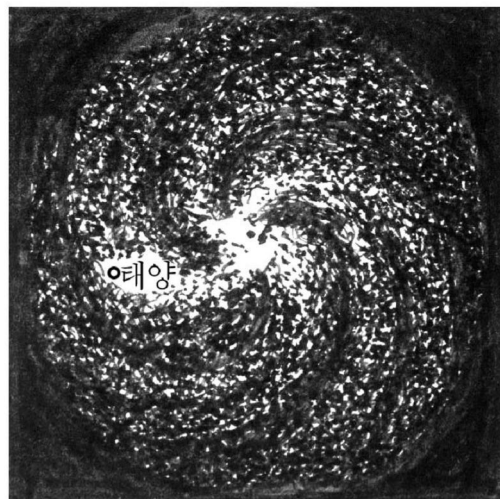
그림 2-9. 옆방향으로 본 우리은하계

이 원반모양의 은하계에는 1 500억개이상의 별들이 있다.

우리은하계를 우에서 내려다보면 중심부에서 시작된 4개의 라선가지모양들로 되여있다.(그림 2-10) 라선가지는 항성과 항성간기체, 우주먼지가 집중되여있는 구역이다. 항성들이 운동하면서 이 구역에 들어가기도 하고 나가기도 하면서 라선가지모양을 유지한다.

그림 2-10. 우에서 내려다본 우리은하계

우리은하계의 직경은 약 10만ly이고 두께는 약 5 000ly이다.

원반의 중심에는 은하핵이 있는데 직경이 약 1만ly인 구모양으로 별들이 밀집되여있다. 우

리은하계의 전체 질량의 절반이상이 은하핵에 집중되여있다.

우리 태양은 은하계의 중심으로부터 약 3만ly 떨어져있다.

때문에 지구에서 볼 때 은하계의 중심방향은 많은 별들이 밀집된 은하수로 보이고 그밖의 방향으로는 별들이 드문드문 보이게 된다. 은하수가운데 있는 사수별자리방향에 특별히 밝게 보이는 부분이 은하핵의 방향이다.

은하수가 고르롭지 못하고 불규칙적으로 되여있는것은 은하계평면에 있는 많은 먼지구름에 의하여 그뒤의 별빛들이 가리워지기때문이다.

우리은하계는 은하핵을 지나며 은하평면에 수직인 축둘레를 돌아간다.

중심가까이에서의 회전각속도는 바깥구역에서보다 빠르다.

태양계는 우리은하계중심둘레를 240km/s의 속도로 돌아가는데 한바퀴 도는데 2억 5천만a(2.5×10^8a) 걸린다. 이 주기를 **1우주년**이라고 부른다.

그러므로 지구가 생겨나 45억a사이에 약 20번 회전한것으로 된다.

우리은하계의 총 질량은 태양질량의 10^{11}배인데 그것은 10^{41}kg에 해당한다.

별떼와 별구름

별떼란 은하계안에서 작은 집단을 이루면서 별들이 모여있는 떼를 말한다.

우리은하계안에서 별들의 대부분은 개별적으로 널려있으나 한데 모여무리를 이루는 별들도 있다.

별떼는 그 모양에 따라 널린별떼와 둥근별떼로 나눈다.

널린별떼는 수십～수백개정도의 별들이 일정한 공간에 무질서하게 널려져있는 별떼이다.(그림 2-11)

널린별떼를 이루는 별들의 나이는 비교적 작다.

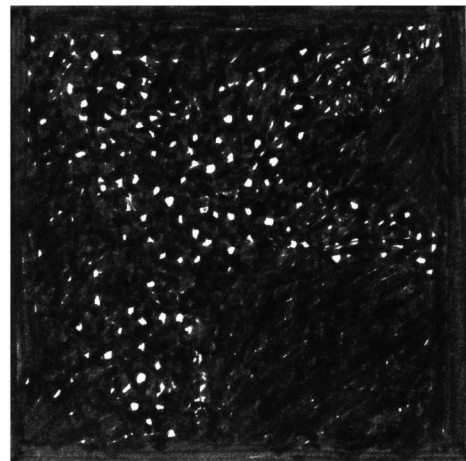



그림 2-11. 널린별떼

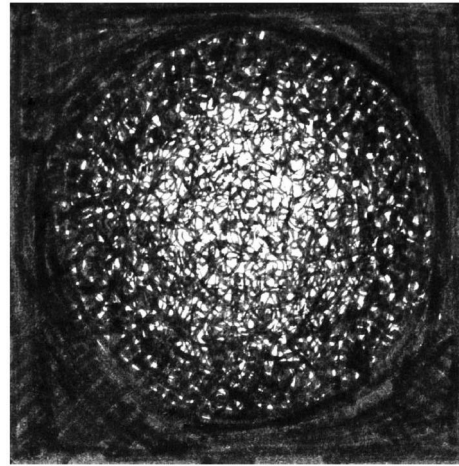
널린별떼는 주로 은하평면에 집중적으로 분포되여있다.

둥근별떼는 수만~수십만개의 별들이 둥근구모양으로 밀집되여 있는 별떼이다.(그림 2-12)

그림 2-12. 둥근별떼

둥근별떼는 널린별떼와는 달리 은하평면밖에도 많이 분포되여있다.

둥근별떼는 중심으로 갈수록 별밀도가 크며 중심둘레를 회전하고있다.

둥근별떼를 이루는 별들의 나이는 많다. 때문에 널린별떼를 젊은별떼라고 한다면 둥근별떼는 늙은별떼라고 부른다.

별떼까지의 거리는 그속에 있는 쩨페이드변광별의 주기를 관측하여 결정한다.

별떼를 이루는 별들은 만유인력에 의하여 서로 속박되여 별떼의 질량중심둘레를 돌고 별떼전체는 은하계중심둘레를 돌아간다.

별사이물질도 별들처럼 고르롭지 못하게 널려있다.

별구름이란 수소를 기본으로 하는 기체와 먼지와 같은 별사이물질이 구름장같이 한데 뭉쳐있는것을 말한다.

별구름은 그 모양과 특성에 따라 행성모양별구름, 흩어진별구름, 암흑별구름으로 나눈다.

행성모양별구름은 행성과 같이 원 혹은 타원으로, 때로는 고리모양으로 보인다.(그림 2-13)

이 별구름의 중심에는 **핵별**이라고 부르는 고온의 별이 있다.

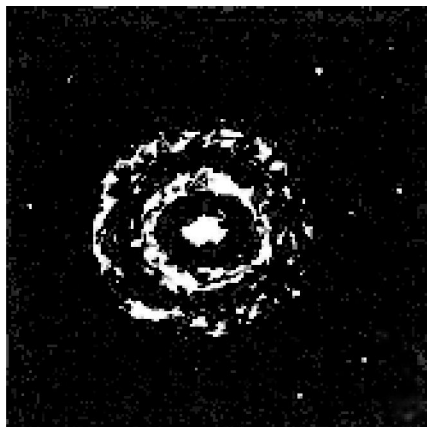



그림 2-13. 행성모양별구름

주변의 별구름은 핵별이 내보내는 자외선을 받아 보임빛을 내보낸다.

흩어진별구름은 무질서한 모양을 가지며 행성모양별구름보다 크다.

실례로 오리온별자리의 별구름을 들수 있다.(그림 2-14)

행성모양별구름이나 흩어진별구름은 낮은 온도의 기체로 된 기체별구름이다.

이 별구름은 주로 수소, 헬리움, 산소, 질소 등으로 이루어졌다.

암흑별구름은 기체성분과 함께 주로 먼지로 이루어졌기때문에 빛을 흡수한다.

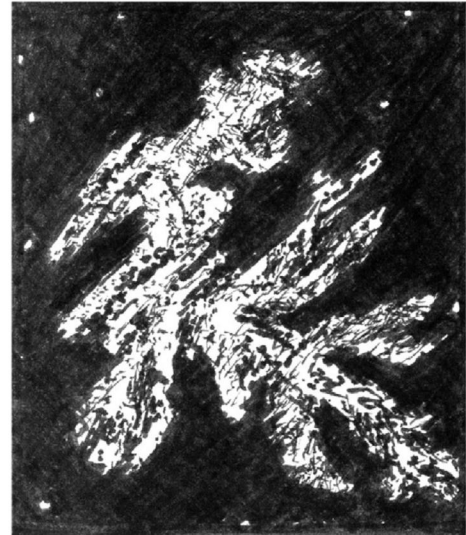
그림 2-14. 오리온별자리의 흩어진별구름

밤하늘에 은하수가 갈라져있는것처럼 보이는것은 은하평면안에 암흑별구름이 있어 뒤에 있는 별들을 가리우기때문이다.

대표적인 암흑별구름은 오리온별자리의 《말대가리》암흑별구름이다.(그림 2-15)

그림 2-15. 오리온별자리의 《말대가리》 암흑별구름

별사이물질의 기체성분들은 라지오파를 복사한다.

그리하여 라지오망원경에 의하여 우리은하계의 구조를 알아낼수 있다.

다른 은하계

다른 은하계란 우리은하계밖에 존재하는 은하계들을 말한다.

우주공간에는 우리은하계와 같은 별집단 즉 다른 은하계들이 대단히 많다.

지구에서 볼 때 희미한 작은 별구름처럼 보이기때문에 **은하계의 별구름**이라고도 부른다.

다른 은하계 역시 많은 항성과 별구름 및 별사이물질로 이루어져있다.

그 형태는 크게 세가지로 나눌수 있는데 그 하나는 **타원은하계**로서 외형이 원형 또는 타원형이고 중심은 밝고 테두리로 가면서 점차 어두워진다.

다른 하나는 **라선은하계**인데 모두 타원모양의 밝은 중심이 있고 중심으로부터 여러개의 라선가지들이 뻗어있다.

일부 라선은하계의 중심핵은 모양이 방망이처럼 생겼는데 이것을 **봉-라선은하계**라고도 부른다.

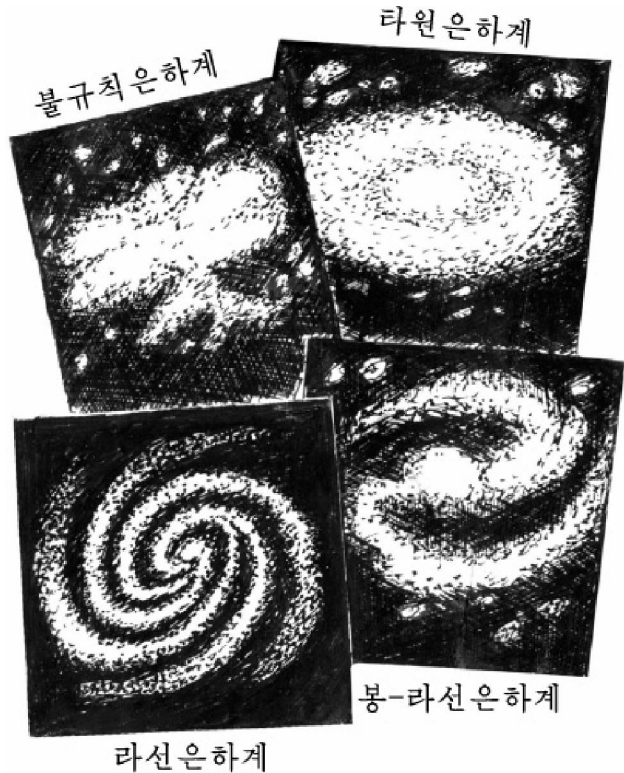
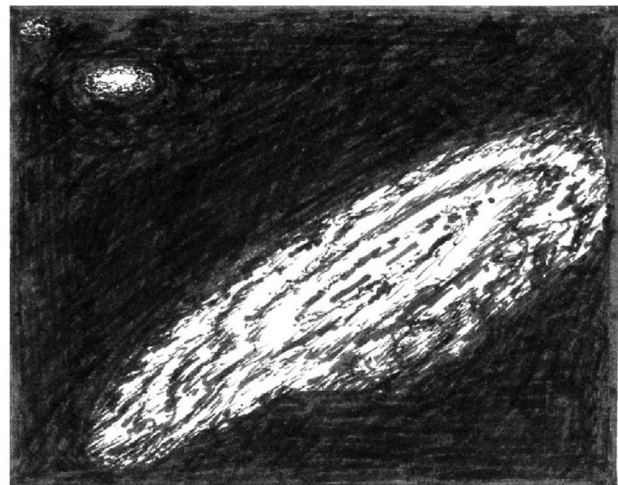
또 다른 하나는 **불규칙은하계**라고도 하는데 명백한 중심과 가지들이 없고 외형은 불규칙적이고 회전의 대칭성구조가 알리지 않는다.(그림 2-16)

그림 2-16. 여러가지 은하계들

은하계들은 우주공간에 고르롭게 널려있는것이 아니라 수십～수백개씩 무리지어있다.

우리은하계로부터 가까운 거리의 다른 은하계는 안드로메다은하계이다.(그림 2-17)

그림 2-17. 안드로메다은하계

직접 보면 희미한 점으로 보이나 천체망원경으로 보면 많은 별들의 집단인 은하계임을 알수 있다.

총은하계의 구조

관측결과에 의하면 은하계들은 우주공간에 균일하게 분포된것이 아니라 수십～수백개씩 무리를 지어 불균일하게 분포되여있다는것을 알수 있다. 이러한 은하계들의 모임을 **은하단**이라고 부른다.(그림 2-18)

우리은하계와 가장 가까운 은하계들이 모여 **국부은하계**를 형성하고있다.

여기에는 우리은하계, 대, 소, 마젤란은하계, 안드로메다은하계 등을 포함하여 16개의 은하계들이 있다.

국부은하계의 크기는 160만～200만ly로서 우리은하계 직경의 20배정도가 된다.

국부은하계를 벗어나 더 범위를 넓혀나가면 우리국부은하계와 같은 국부은하계들이 일정한 구역에 집중적으로 분포되여 **국부은하단**을 형성하고있다는것을 알수 있다.

국부은하단은 직경이 약 1 000만ly으로서 몹시 압착된 계이다.

우리은하계는 국부은하단의 평면가까이에 있다.

국부은하단도 중심둘레를 회전하고있는데 우리은하계는 약 500km/s의 속도로 1 000억a을 주기로 하여 돌고있다.

국부은하단에는 1 000개 정도의 은하계들이 포함되여

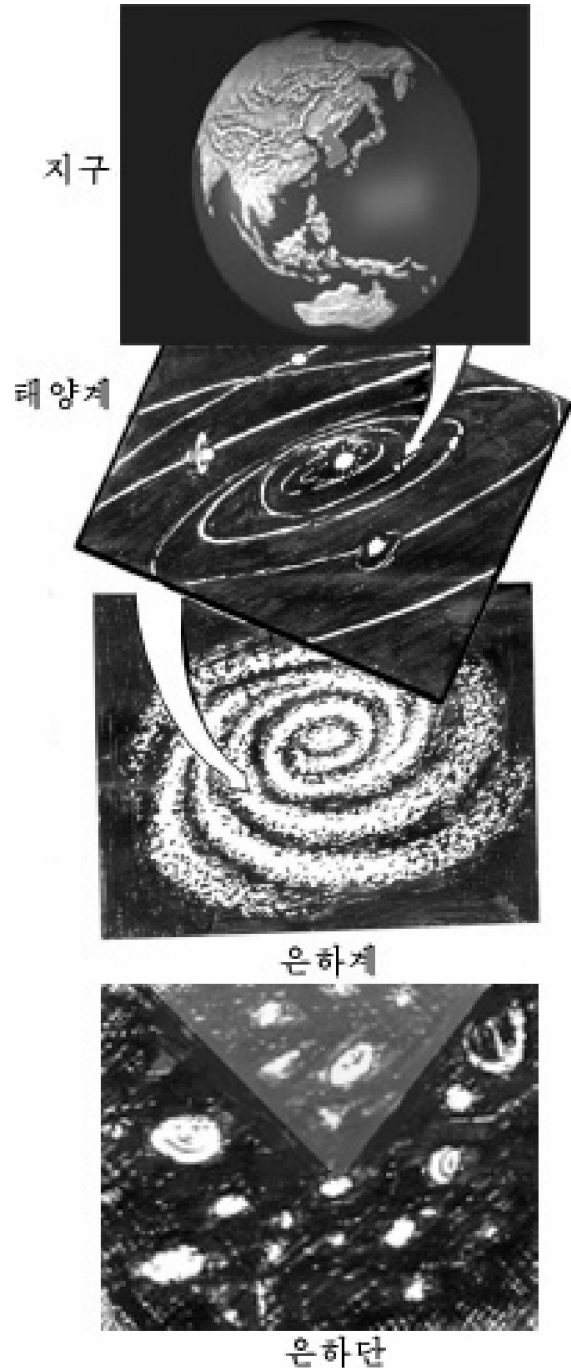



그림 2-18. 우주의 계단식구조

있다.

이 은하단은 지구 남반구에서 보이는 은하단과 함께 이중은하단을 형성한다.

날이 갈수록 새로 발견되는 은하단들의 수는 늘어나고있다.

현재까지 알려진 다른 은하계들의 수는 100억개를 넘는다.

국부은하단은 수십~수백개씩 모여 총은하계를 이룬다.

총은하계란 수많은 은하계집단들의 총체로 이루어지는 현재 인류의 관측한계의 공간을 말한다.

이와 같이 우주는 계단식구조를 이루면서 무한히 뻗어있다.

문 제

1. 우리은하계의 구조에 대하여 말하여라.
2. 별떼의 종류와 특징을 말하여라.
3. 별구름의 종류와 특징을 말하여라.
4. 총은하계의 구조를 설명하여라.

보충지식

① 은하계모형

망원경으로 은하수가 별들로 이루어졌다는것을 처음으로 발견한 사람은 갈릴레이이며 하늘에서 별들의 분포를 계산하여 은하계구조를 처음으로 연구한 사람은 18세기 후반기 영국의 천문학자 윌헬름 하쉘이다.

하쉘은 자기 손으로 만든 반사식망원경으로 대략적인 항성의 수를 세였으며 관측결과에 기초한 통계적인 계산을 거쳐 하나의 납작하면서도 평평하고 테두리가 들쑹날쑹한 태양중심의 은하계구조를 그리였다.

비록 이것이 은하계의 진면모를 정확히 반영하지 못했지만 그것은 관측으로 태양계밖의 별집단의 존재를 처음 밝힌것으로서 인류가 우주구조를 인식하는데서 하나의 리정표로 되는 중요한것이였다.

그후 광학망원경과 특히는 라지오망원경의 발명으로 오늘과 같은 은하계의 모형이 얻어지게 되였다.

② 마젤란은하계

마젤란은 뽀르뚜갈항해가의 이름이다.

그는 1519년부터 세계일주를 시작하였는데 그때 처음으로 희미하게 보이

는 두개의 작은 별구름에 대하여 정확히 기록하였다.

이 작은 별구름들은 우리은하계에서 제일 가까이 있는 다른 은하계들이다.

여기에 처음으로 발견한 사람의 이름을 따서 대마젤란은하계와 소마젤란은하계라고 명명하였다.

사실 이 두 별구름은 크고 밝아서 남반구의 사람들은 맨눈으로도 쉽게 찾아볼수 있다. 북반구의 사람들은 위도가 북위 20°이상 되는데서는 볼수 없다.

대마젤란은하계는 우리은하계로부터 16만ly 떨어져있는 제일 가까운 다른은하계이다.

대마젤란은하계는 12개의 보름달을 한줄로 놓은것만큼 길다.

대마젤란은하계로부터 약 54만ly 떨어져있는 소마젤란은하계는 력사상 맨 먼저 은하계까지의 거리가 확인된 다른 은하계이다.

1912년 천문학자들은 소마젤란은하계안에 있는 쩨페이드변광별을 리용하여 우리은하계로부터의 거리가 약 19만ly이라는것을 계산해내였다.

이처럼 소마젤란은하계와 대마젤란은하계는 우리은하계로부터 제일 가까운 다른 은하계들로서 하나의 3중은하계를 이룬다.

제5절. 우주의 진화

우주진화론이란 우주가 어떻게 생겨나 어떤 과정을 거쳐 오늘의 상태에 이르렀으며 앞으로 어떻게 될것인가에 대한 학설이다.

이 문제에 대해서는 오래전부터 연구하여오지만 아직도 완전한 해결을 보지 못하고 많은 내용들이 가설의 단계에 머물러있다.

그것은 천체들이 발생하여 진화발전한 전기간에 비하면 인간이 그것을 관측할수 있는 기간이 매우 짧았으므로 천체의 발생 및 진화과정에 대한 과학적인 직접관측자료를 얻을수 없다는 사정과 관련된다.

천체의 발생과 발전에 관한 정확한 지식을 얻는데서 천체의 나이를 바로 평가하는 문제는 중요한 의의를 가진다.

천체들의 나이

별들의 나이는 그 별이 스펙트르-빛세기도표(그림 2-5)에서

어느 위치에 속하는가에 따라 평가한다.

현재 관측자료들과 리론적인 연구결과에 의하면 천체들의 나이가 각이하다는것을 보여주고있다.

은하계에 속하는 가장 오랜 별들은 나이가 수십억a이 넘는다.

한편 현재 관측되는 가장 어린 별들은 백만a정도의 나이를 가지는것도 있다.

별들은 나이가 많다고 늙었다고 할수 없으며 나이가 적다고 젊은 별이라고 할수 없다.

그것은 별들의 수명이 서로 다르기때문이다.

즉 크고 밝은 별들은 수명이 짧고 어두운 별들은 수명이 길다.

태양과 같은 항성들의 나이는 스펙트르-빛세기도표에서 어디에 놓이는가에 따라 평가할수 있다.

도표에서 거성의 일부 및 주계렬의 웃부분에 속하는 별들은 대개 1억a이하의 나이를 가진다.

주계렬의 밑부분과 왜성 및 거성의 일부는 나이가 가장 많은 별들이다.

태양은 자기 일생의 절반정도를 산 별로서 100억a정도의 나이를 가진다.

지구와 같은 행성들의 나이는 지각층에 있는 방사성원소의 포함량을 재여 평가한다.

이렇게 잰 지구의 나이는 약 45억a정도가 된다.

태양계의 기원과 진화

이 문제를 정확히 밝히는것은 우주진화과정을 알아내는데서 선차적이다.

태양계형성에 관한 리론이 정확한것으로 되자면 현재 태양계의 중요한 물리적특성을 원만히 설명할수 있어야 한다.

현재까지 제기된 태양계의 기원과 진화에 대한 가설들로서는 별구름설, 조우설, 운석설 등이 있다.

별구름설은 거대한 별구름으로부터 태양계가 생겨났다고 하는 가설이다.

1755년에 처음으로 제기된 별구름설에 의하면 현재 태양계가 차지하고있는 넓은 공간에 각이한 크기와 밀도를 가진 별찌돌, 먼

지립자로 된 거대한 구름이 있었는데 서로의 끌힘에 의하여 뭉쳐 태양과 행성들이 형성되였다고 한다.

그후(1796년) 새로운 가설이 보충되였다.

그에 의하면 최초의 태양은 현재 목성자리길까지 차지하는 거대한 별구름이였다.

태양은 점차 식으면서 체적이 줄어들고 회전속도가 빨라졌다.

그 결과 원심력이 커져 바깥쪽의 물질은 고리모양으로 떨어져 나가면서 행성들이 형성되였다고 본다.

이 가설에 의하면 태양계의 물리적특성들이 기본적으로 잘 설명되지만 태양계의 각운동량분포를 비롯한 몇가지 문제가 잘 설명되지 않는다.

20세기초에 태양계형성에 관한 조우설이 제기되였다.

조우설은 태양이 한때 다른 별과 부딪칠 정도로 가까이 접근하였는데 이때 서로의 끌힘에 의해 겉면물질이 떨어져나와 응축되여 행성들을 형성하였다는 가설이다.

이 가설도 일부 부족점들을 가지고있다.

그것은 항성들이 이렇게 가까이 접근할 기회가 10^{17}a만에 한번 있을 정도로 대단히 드물다는것이다.

그렇다면 행성을 가지고있는 항성이 극히 드물어야 하겠으나 행성들을 가진 별들이 많다는 사실은 이 가설이 맞지 않다는것을 보여준다. 또한 이 가설에 의하면 모든 행성들이 현재의 수성자리길안에 있어야 한다는 결론이 나오는데 이것은 사실과 맞지 않는다.

그후 1944년에 태양계형성에 대한 현대적인 가설인 운석설이 제기되였다.

운석설은 태양이 은하계안에서 활동하면서 기체-먼지구름과 만나 그것을 끌어당겨 행성들을 형성하였다는것이다. 이 기체-먼지구름알갱이들은 처음에 태양둘레를 무질서하게 운동하였다. 먼지구름은 서로 충돌하면서 태양둘레를 도는 평평한 렌즈모양으로 되였다. 또한 큰 알갱이가 보다 작은 알갱이들을 끌어당겨 더 큰 덩어리를 이루어 행성들을 형성하였다는것이다.

이 가설에 의하면 태양계의 주요특성들이 잘 설명된다.

그러나 이 가설도 부족점을 가지고있다.

그것은 태양이 기체-먼지구름과 만나는것은 드문 현상인데 만

나도 태양둘레에 끌어당기는 물질의 량은 적다는것이다.

최근에는 지금까지 연구되여온 우주에 대한 지식과 다른 행성들에 대한 자료들을 종합하여 보다 과학적인 자료들을 안받침하면서 미행성충돌에 의한 태양계의 형성리론이 새롭게 제기되였다.

미행성충돌설에 의하면 태양계는 큰새별이라고 하는 자기 수명을 다한 별이 폭발하면서 생겨났다는것이다.

큰새별이 폭발하면서 거대한 량의 원시우주먼지가 생긴다.

이 원시우주먼지는 어떤 원인에 의하여 회전하게 되는데 서로 충돌하기도 하고 합쳐지기도 하면서 원반모양의 원시별구름으로 되며 밀도의 차이에 따라 배렬되게 된다.

그리하여 원시별구름의 중심에는 태양이 형성되고 그로부터 멀어질수록 점차 밀도가 작은 행성들이 형성되게 되였다는것이다.

미행성충돌에서는 그러한 근거로서 태양계행성들의 크기와 밀도가 태양으로부터 행성까지 거리에 따라 일정한 법칙성을 가지고 있다고 보고있다.

또한 미행성들의 충돌자리가 뚜렷이 남아있는 달, 화성, 수성 등을 비롯한 행성들의 겉모양은 이 가설을 안받침하는 자료로 되고 있다.

미행성충돌설에 의하면 태양계형성의 모든 사실들이 잘 설명된다.

별의 기원과 진화

별의 발생에 대해서는 두가지 리론이 제기되고있다.

하나는 무리별떼에 의하여 별이 생겨난다고 보는것이고 다른 하나는 흩어진별구름으로부터 별이 생긴다는것이다.

두 리론은 다 관측과 잘 일치한다.

은하계안에는 무리별떼라고 부르는 특수한 별떼들이 존재한다.

무리별떼의 특징은 별떼를 이루는 별들의 나이가 100만a정도로서 어리며 사방으로 흩어져나가는 상태에 있는것이다.

이러한 사실로부터 은하계의 곳곳에 거대한 에네르기를 가진 《원시물질》의 핵이 붕괴되면서 무리별떼를 형성한다는 리론이 제기되였다.

이에 의하여 생겨난 별들은 거성일수도 있고 왜성일수도 있는

데 은하계안의 사방으로 퍼져나간다고 하였다.

이로부터 우리은하계의 대부분의 별들은 무리별떼로부터 생겨났다고 주장한다.

한편 은하계안의 일부 흩어진별구름들에서는 그 줄기들에 별구름물질들이 뭉쳐 별들을 형성하고있는것을 볼수 있다.

이러한 사실은 별사이물질이 별구름을 이루고 별구름으로부터 별이 생겨난다는것을 보여주고있다.

별사이물질은 은하계 총 질량의 절반을 차지하며 새별과 큰새별 그리고 높은 온도의 별로부터 끊임없이 보충된다.

이처럼 은하계안에서는 별과 별사이물질사이에 끊임없는 서로이행과정이 진행되고있다.

그리하여 우리은하계안에서는 지금도 별들이 생겨나고있으며 앞으로도 계속 생겨날것이다.(그림 2-19)

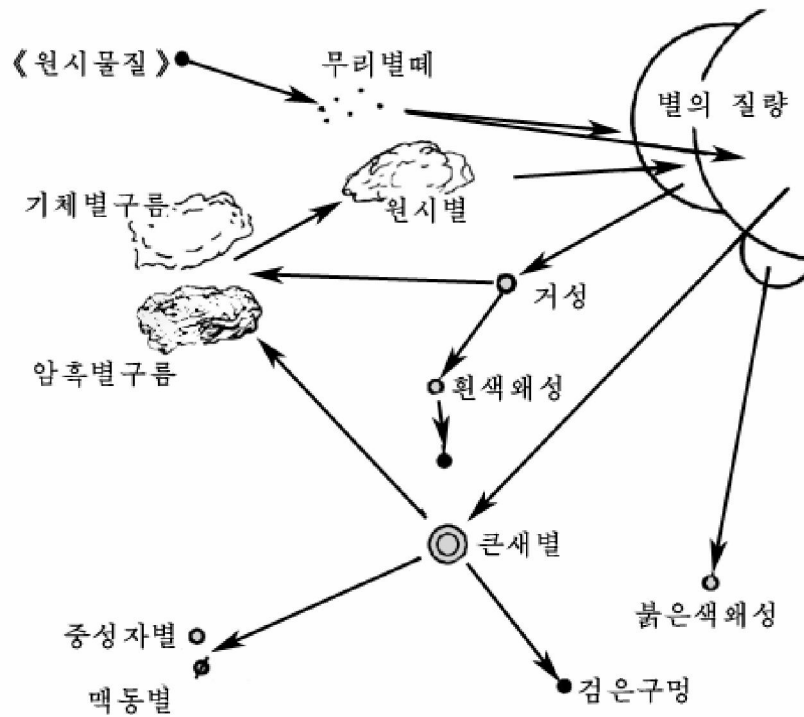



그림 2-19. 별의 기원과 진화

우주의 기원과 진화

이에 대한 여러 가설들중에서 현재 가장 많이 인정되고있는것은 대폭발우주론이다.

이에 의하면 우주가 초기에 고밀도, 초고온상태로부터 성글고

찬것으로 되면서 팽창한다는것이다.(그림 2-20)

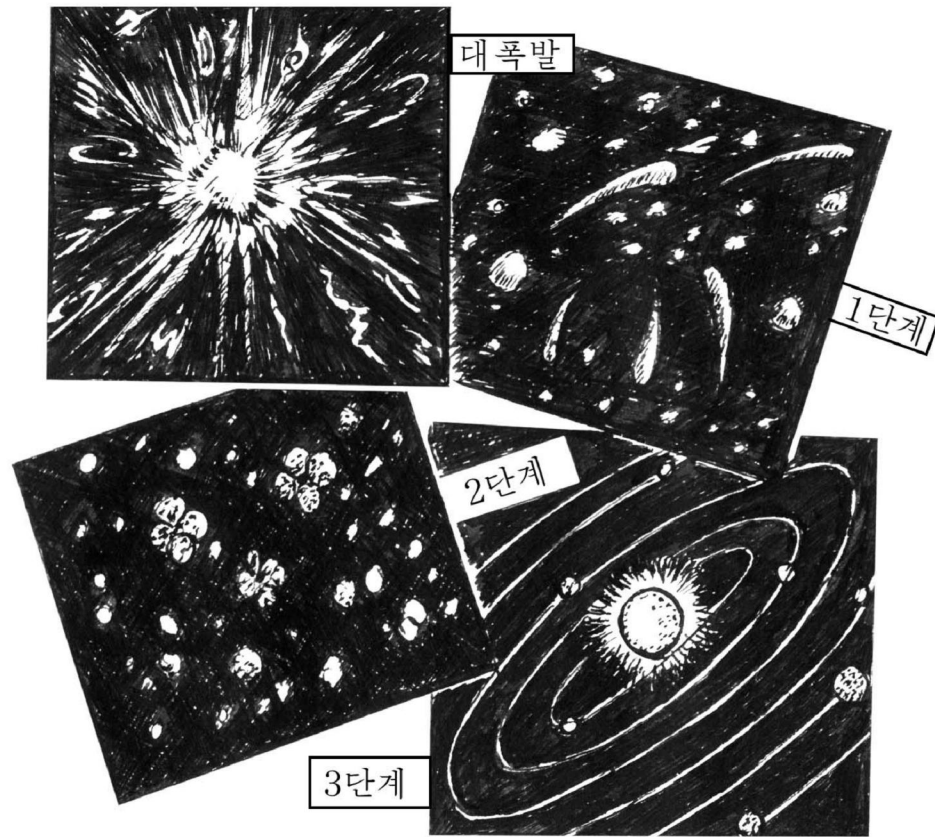



그림 2-20. 대폭발우주론의 모양

대폭발우주론은 우주의 200억a 진화과정을 세 단계로 본다.

제1단계는 수s정도로 짧게 존재한 우주의 초기상태이다.

이때는 폭발이 방금 시작하였는데 우주는 초고온, 고밀도상태에 놓여있었고 온도는 100억K이상에 달하였다.

이런 조건에서 생명의 존재는 물론 지구, 달, 태양도 없었고 모든 천체들이 존재하지 않았으며 그 어떤 화학원소도 없었다.

우주공간에는 단지 중성자, 양성자, 전자, 빛량자와 중성미자등 일부 기본립자상태의 물질만 있었다.

전체 우주가 팽창하는데 따라 온도는 급격히 떨어졌다.

온도가 10억K정도까지 떨어졌을 때 우주는 제2단계에 들어서고 이때에 화학원소들이 형성되였다.

우주공간의 물질로서는 주로 양성자, 전자, 빛량자와 일부 가벼운 원자핵만이 있었고 빛복사는 강하고 별의 존재는 여전히 없었다. 이 단계는 대략 수천a을 경과하였다.

온도가 수천K까지 떨어졌을 때 우주는 제3단계에 들어섰다.

200억a동안의 우주력사에서 이 제3단계기간이 제일 길며 오늘까지 여전히 이 단계에 있다.

온도가 떨어짐으로써 우주공간에는 기체상태의 물질이 충만되여있으며 이 기체들은 점차 별구름으로 되고 나아가서 항성들을 형성하게 된다.

이것이 우주대폭발의 표상이다.

오늘날 이 리론을 증명하는 많은 관측자료들이 나타났다.

그것은 은하계들이 붉은색변위를 한다는것 즉 서로 멀어지고있다는 사실이다.

특히 멀리 있는 은하계들의 멀어지는 속도가 크다는 사실은 우주가 현재 팽창한다는 대폭발우주론과 일치한다.

다음으로 우주의 모든 방향에서 오는 3K 우주배경복사는 대폭발우주론의 정당성을 다시한번 확증하는것으로 된다.

3K 우주배경복사라는것은 흑체가 절대온도로 3K일 때 내보내는 전자기파복사이다.

대폭발우주론에 의하면 폭발후 우주의 온도는 점차 낮아져 현재 수K의 온도대역에 있을것이라고 보고있다.

우에서 본 사실들은 우주가 시간적으로는 영원하며 공간적으로는 무한하다는것을 보여주고있다.

문 제

1. 별의 나이를 어떻게 평가하는가를 말하여라.
2. 태양계진화와 관련한 가설들의 중심내용과 그의 우점과 부족점을 말하여라.
3. 별의 기원과 진화에 대하여 설명하여라.

보충지식

① 붉은색변위현상과 우주팽창

1912년부터 1914년기간에 천문학자 슬라이퍼는 우리은하계근방의 5개 은하계에 대한 스펙트르를 연구하였다. 이 과정에 모든 은하계들의 빛스펙트르가 붉은색쪽으로 변위되여있는것을 발견하였다.

그는 이 현상을 은하계들이 지구로부터 멀어지기때문에 나타나는 현상으

로 보았다.

그후 1920년대부터 1930년대에 걸쳐 하마손과 하블은 붉은색변위를 측정하여 많은 은하계들의 속도를 재였다.

그리하여 은하계들은 멀리에 있을수록 더 큰 속도로 멀어진다는것 즉 우주가 팽창한다는것을 발견하였다.

② 하블의 법칙

하블은 모든 은하계들의 스펙트르선이 붉은색쪽으로 변위되여있다는 사실로부터 우주의 기초법칙의 하나인 하블법칙

$$Vr = H \cdot r$$

을 발견하였다.

공식에서 Vr는 은하계의 시선속도이고 r는 은하계까지의 거리, H는 하블상수 H=100km/(s·MPC)이다.

이 법칙에 의하면 먼곳에 있는 은하계일수록 더 빠른 속도로 멀어지고있다는 결론이 나온다.

③ 우주생명체

우주생명체문제는 지구를 제외한 다른 천체들에 어떤 생명물질들이 어떤 형식으로 존재하겠는가 하는 흥미있는 문제이다.

생명물질의 존재는 그것이 생겨나고 살아갈수 있는 조건이 보장되여있는가 없는가에 따라 결정된다.

지구와 같은 생명체가 존재하려면 지구와 같은 조건이 보장되여야 한다.

최근에 1 500만ly의 거리에 있는 한 항성계에서 지구와 비슷한 성질을 가진 행성이 존재한다는것을 발견하였다.

그러나 이 행성에 어떤 형태의 생명체가 존재하겠는가 하는 문제는 밝혀내지 못하였다.

인류는 혹시 존재할수도 있는 발전된 우주생명체와의 련계를 위하여 정보를 담은 전자기파를 송신하였으며 지구의 자료를 담은 《편지》를 발사하였다.

앞으로 과학기술이 더욱 발전하면 우주생명체에 관한 흥미있는 문제들이 풀리게 될것이다.

제3장. 천문관측의 기초지식과 관찰

제1절. 천 구

맑게 개인날 밤하늘을 쳐다보면 마치도 별들은 하나의 검은 구면의 안쪽 면에 《붙어있는》것처럼 보인다.

이 구면의 반경은 일정한 값을 가지지 않는다. 이처럼 별들이 《붙어있는》것처럼 보이는 임의의 반경을 가진 구면을 **천구**라고 부른다.

실지로는 서로 다른 거리에 놓여있는 별들이 반경이 같은 하나의 구면 즉 천구우에 놓여있는것처럼 보인다.

천구는 하루에 한바퀴씩 지구의 자전방향과 반대방향으로 돌아간다.

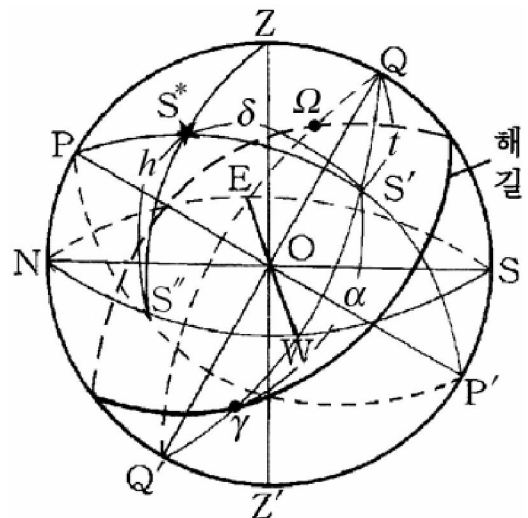
이것으로 하여 별들은 동쪽에서 뜨고 서쪽으로 지게 되는데 이 겉보기운동을 **천구의 일주운동**이라고 부른다.

천구의 기준선과 기준점들

공간에서 점의 위치를 공간직각자리표계에 의하여 결정할수 있듯이 천구에서 천체들의 위치도 어떤 형태의 자리표계를 도입하여 결정할수 있다.

그런데 자리표계에는 반드시 기준점(자리표계의 원점)과 기준선(자리표계의 축)들이 있으므로 천구의 자리표계에도 기준점과 기준선들이 그림 3-1과 같이 있어야 한다.

그림 3-1. 천구와 기준선, 기준점들

머리와 발밑을 련결하는 드림선을 아래우로 길게 연장하여라. 그러면 이 드림선이 머리정점과 발밑쪽에서 천구와 사귀게 될것이다. 이 두 사귐점가운데서 머리정점에

있는 점을 **천정**(Z), 발밑쪽에 있는 점을 **천저**(Z′)라고 부른다.

천구의 중심을 지나면서 천정과 천저를 련결하는 선(드림선)에 수직인 면을 **지평면**(그림 3-1에서 OSENWS면)이라고 부르고 이 지평면이 천구와 사귀여 만드는 큰 원(그림 3-1에서 SENWS)을 **지평선**이라고 부른다.

천정과 천저를 지나면서 지평선에 수직인 원들을 **고도원**이라고 부른다. 고도원은 무수히 많이 그을수 있다.

천구가 일주운동을 한다는것은 자전축이 있다는것을 의미한다. 회전축이 없이는 그 어떤 물체도 돌아갈수 없다.

그러면 천구의 자전축은 어느것이겠는가.

앞서 천구의 일주운동은 지구의 자전운동으로 일어난다는것을 보았다. 돌아가는 지구에서 하늘을 보기때문에 지구우에 있는 관측자에게는 천구 즉 별하늘이 돌아가는것처럼 보인다.

그렇다면 지구의 자전축과 천구의 자전축사이에는 어떤 련관이 있지 않겠는가.

지구가 돌기때문에 하늘이 도는것만큼 지구의 자전방향과 천구의 일주운동방향은 분명히 서로 반대일것이다. 사실은 그것을 증명하여준다.

지구의 자전축을 앞뒤로 길게 늘여보아라. 이때 그 늘임선은 천구의 두 점에서 사귀게 된다.(그림 3-1에서 P점과 P′점에서 사귄다.)

천구의 자전축 PP′를 **천축**이라고 부르고 두 점 P, P′를 **천극**이라고 부른다.

천축은 지구의 자전축과 일치한다.

천극들가운데서 지평면우에 있는 천극 P를 천구의 **북극**이라고 부르고 아래에 있는 천극 P′를 천구의 **남극**이라고 부른다.

천구의 북극은 북극성으로부터 58′만큼 기울어져있다.

적도면과 자오면, 해길면

천구의 중심 O를 지나면서 천축 PP′에 수직인 평면을 천구의 **적도면**이라고 부른다.

지구의 적도면을 사방으로 크게 늘인 면을 천구의 적도면이라

고 보면 된다.(그림 3-1에서 천구의 적도면은 평면 OEQ′WQE 이다.)

천구의 적도면이 천구와 사귀여 만든 큰 원(그림 3-1에서 EQ′WQE)을 천구의 **적도**라고 부른다.

천구의 중심 O를 지나면서 천극과 천정을 지나는 면을 천구의 **자오면**이라고 부른다.

천구의 자오면이 천구와 사귀여 만든 큰 원을 천구의 **자오선**이라고 부른다.

모든 천체는 하루동안에 2번 자오선을 통과한다. 천체가 자오선을 통과하는 순간을 그 천체의 **자오선정중**이라고 부른다.

자오선정중은 웃자오선정중(상정중)과 아래자오선정중(하정중)으로 구별된다.

웃자오선정중때 천체는 지평면에 대하여 제일 높은 점에 있게 되며 아래자오선정중때 천체는 지평면에 대하여 제일 낮은 점에 있다.

지지 않는 별들은 아래자오선정중때에도 보인다.

태양의 공전자리길면(실지로 태양둘레를 공전하는것은 지구인데 공전하는 지구우에서 태양을 바라보는 관측자에게는 마치도 태양이 공전하는것처럼 보인다.)을 **해길면**이라고 부른다.

해길면이 천구와 사귀는 큰 원을 **해길**이라고 부른다. 해길면은 천구의 적도면과 늘 23° 27′만큼 경사져있으므로 해길과 천구의 적도는 두 점에서 서로 사귄다.

이 두 점가운데서 태양이 해길을 따라 지평선우로 오르면서 3월 21일경에 사귀는 점을 **춘분점**(γ점)이라고 부르며 지평선밑으로 내리면서 9월 23일경에 사귀는 점을 **추분점**(Ω점)이라고 부른다.

지구에서 어떤 지점의 자리는 경도와 위도로 결정한다. 마찬가지로 천구에서 천체의 자리는 적경과 적위로 결정한다. 여기서 적경은 경도에 해당되고 적위는 위도에 해당된다.

그러면 적경과 적위는 어떻게 재는가.

적경은 천구의 일주운동과 반대방향으로 적도를 따라 춘분점으로부터 주어진 별까지 잰 각(α)이다.

적위는 적도선에 수직이면서 천극방향으로 주어진 별까지 잰 각(δ)이다.

자오선은 지평선과 사귀여 두 점을 만든다. 이때 북극에 가까

운 점을 **북점 N**이라고 부르고 남극에 가까운 점을 **남점 S**이라고 부른다.

일반적으로 자오선을 두 부분으로 나누어 고찰한다면 모든 별의 웃자오선정중은 천극과 남점사이의 자오선을 지나는 때이며 아래자오선정중때에는 천극과 북점사이의 자오선을 지난다.

천구의 적도와 지평선은 서로 사귀여 두 점을 만든다. 이때 천구의 북극을 보면서 마주섰을 때 북점 N으로부터 오른쪽방향으로 $90°$ 떨어진 지평선우의 점을 **동점 E**이라고 부르고 그 반대쪽에 있는 점을 **서점 W**이라고 부른다.

시간각

천구의 일주운동으로 남중하는 별들의 시간각은 끊임없이 변한다.

시간각이란 별이 웃자오선을 지난 순간부터 일주운동방향으로 잰 각(t)이다.

일주운동으로 시간각 t가 계속 달라지므로 별이 돌아가는 각도와 시간각사이에는 일정한 관계가 있다.

$$24^{h} \rightarrow 360°$$

$$1^{h} \rightarrow 15° \qquad 1° \rightarrow 4^{m}$$

$$1^{m} \rightarrow 15' \qquad 1' \rightarrow 4^{s}$$

$$1^{s} \rightarrow 15'' \qquad 1'' \rightarrow (1/15)^{s}$$

여기서 수자의 지수로 표시한 h, m, s는 라틴어로 각각 시, 분, 초 되는 단어의 첫 문자이다.

앞으로 각도표시 °, ′, ″와 함께 시간각표시 ^{h}, ^{m}, ^{s}을 쓰기로 한다.

문 제

1. 북극성은 천극에 제일 가까이에 있는 별이다. 따라서 북극성을 찾으면 그 지방의 위도를 알수 있다는것을 증명하여라.

2. 다음의 각을 시간각으로, 시간각을 각으로 고쳐보아라.

① $125° 47' 30''$, ② $9° 08' 10''$

③ $11^{h} 37^{m} 04^{s}$, ④ $4^{h} 26^{m} 13^{s}$

보충지식

위도에 따르는 천구의 일주운동모양

관측지점이 달라지면 하루동안에 뜨고 지는 별들의 움직임모양이 달라진다.

극지방과 적도지방 그리고 중위도지방에서의 밤하늘의 일주운동모양을 보기로 하자.

극지방에서는 지평면이 천축에 수직으로 되고 적도면은 지평면과 일치할것이다. 그리하여 천체들의 일주원은 지평선과 평행으로 된다. 결과 하루동안에 모든 별들이 꼭같은 높이에서 지평선에 평행으로 한바퀴 돌게 되며 뜨고지는 별이 없게 된다. (그림 3-2의 ㄱ)

다음으로 위도가 0° 인 적도지방에서는 지평면이 천축우에 놓이고 적도면은 지평면과 수직을 이루게 된다. 그리하여 천체들의 일주원은 지평면에 수직으로 놓인다. 따라서 모든 별들이 뜨고지게 되며 12h동안은 지평면우에서 보이는 별로 되고 12h 동안은 지평면아래에 있으므로 보이지 않는 별로 된다. (그림 3-2의 ㄴ)

극과 적도사이의 임의의 중위도지방에서는 천축이 지평면에 대하여 그 지점의 위도만큼 기울어지게 되고 적도면은 지평면에 대하여 90° − φ (위도)만큼 기울어지게 된다. 따라서 여기서는 지지 않는 별, 뜨지 않는 별, 뜨고지는 별이 있게 된다. (그림 3-2의 ㄷ)

그림 3-2. 각이한 지방에서의 밤하늘의 일주운동모양

이 모든 사실은 각이한 위도에서의 별하늘의 일주운동이 서로 다른 모양으로 나타난다는것을 말해준다.

제2절. 별자리관측

돌림별자리그림에 의한 별자리관측

별자리를 빨리 찾고 기억하는 묘리를 아는것이 필요하다.

우선 실지 밤하늘과 임의의 시각의 별자리를 빨리 그리고 쉽게 찾을수 있게 만든 돌림별자리그림(그림 3-3)을 비교하면서 기억한다.

다음으로 같은 별자리안에서 밝고 류달리 눈에 뜨이는 별들을 련결했을 때의 특징적인 형태를 기억한다.

례를 들어 오리온별자리의 삼태성, 카시오페아별자리의 W형, 백조별자리의 십자, 큰곰별자리의 국자모양으로 된 북두칠성 등이다.

또한 1등성보다 밝은 별을 먼저 기억하고 그다음 그 별이 들어있는 별자리를 기억한다.

그리고 서로 다른 별자리들의 밝은 별들을 형태적으로 련결했을 때의 그 별자리들의 이름을 기억한다.

례를 들어 봄철의 긴 곡선, 여름철의 직3각형, 가을철의 4각형 등이다.

이러한 묘리를 가지고 대표적인 별자리들을 찾아보자.(이를 위하여 돌림별자리그림과 라침판, 전지를 준비한다.)

※ **임의의 시각의 밤하늘을 만드는 방법.** 밑판의 날자선을 웃판의 시간에 맞춘다. 이때 창구멍에 나타난것이 그 시간의 밤하늘이다.

별이 뜨고지는 시간을 알아내는 방법. 웃판을 돌려 주어진 별이 동쪽 지평선 즉 동쪽 창구멍의 기슭에 놓이게 한다. 이때 밑판의 월, 일과 웃판의 시간을 읽으면 그것이 곧 주어진 별이 뜨는 시간으로 된다. 지는 시간은 우와 반대로 주어진 별이 창구멍의 서쪽 기슭에 놓이게 한 다음 월, 일과 시간을 읽으면 된다.

중위도지방에 자리잡고있는 우리 나라에서는 북쪽 밤하늘에서 북극성가까이에 있는 별자리들을 언제나 볼수 있다.
북쪽 하늘과 마주 서면 국자모양으로 된 북두칠성의 7개 별을 쉽게 찾을수 있는데 이것이 큰곰별자리의 밝은 별들이다.

이제 북두칠성의 4각형을 이루는 첫 두 별(α와 β별)을 련결하

는 직선우에서 두 별사이거리의 5배만큼 β별에서 α별쪽으로 재여가면 비교적 밝은 별인 북극성을 찾을수 있다.(그림 3-4)

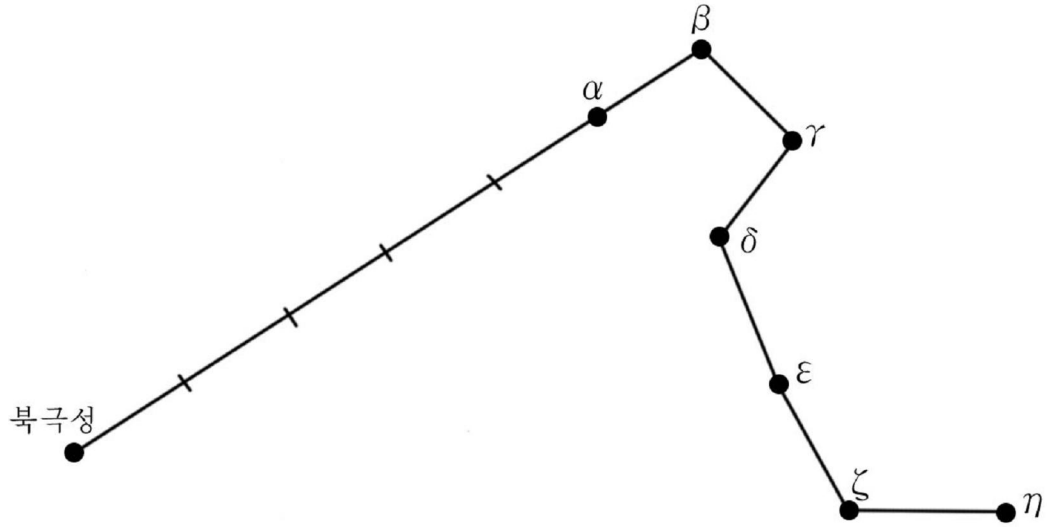



그림 3-4. 북두칠성에 의한 북극성찾기

북극성둘레를 자세히 보면 작은 국자모양의 7개 별들이 보인다. 이것이 작은곰별자리의 별들이다.

그리고 북쪽 은하수가운데서 북극성을 중심으로 북두칠성과 서로 마주 서있는 W형모양의 카시오페아별자리를 찾을수 있다.

이밖에 룡, 쩨페우스별자리를 돌림별자리그림과 실제하늘과 비교하면서 찾는다.

계절에 따르는 별자리관측

봄철의 별자리. 봄철에는 북쪽 하늘 높은 곳에 북두칠성이 길게 가로놓여있다. 북두칠성을 리용하면 별자리들을 쉽게 찾을수 있다.

봄철에 긴 곡선으로 별자리들을 찾아보자. 국자모양의 북두칠성에서 손잡이부분 별들을 련결하는 곡선을 연장하면 먼저 목동별자리의 α별인 스피카가 있다.

봄철에는 바른3각형을 만들고 별자리들을 찾을수 있다. 아루쿠뚜루스와 스피카 그리고 사자별자리의 꼬리별인 β별을 련결하면 바른3각형이 되는데 이런 방법으로 사자별자리를 찾는다.

여름철의 별자리. 여름철에는 밤하늘에서 거문고별자리의 α별인 직녀성이 제일 밝게 보인다. 직녀성은 7월말 밤 10시경～8월말 밤 8시경에 머리우에서 밝게 빛난다. 거문고별자리는 이 별과 함께

작은 평행4변형을 만들고있다.

밝은 별들로 여름의 직3각형을 만들면 3개의 별자리들을 찾을 수 있다. 동쪽에 가까운 은하수우에서 거문고별자리의 직녀성, 독수리별자리의 견우성, 십자모양으로 된 백조별자리의 데네부별을 직선으로 련결하면 커다란 직3각형이 얻어진다.

이밖에 남쪽 지평선가까이 은하수우에서 화살을 재워 앞에 있는 전갈을 쏘아잡는 모양을 볼수 있는 전갈별자리와 사수별자리를 찾을수 있다.

가을철의 별자리. 가을철에는 큰 4각형으로 된 페가수스별자리를 머리우에서 쉽게 찾을수 있다.

이 별들은 페가수스별자리의 3개 별과 안드로메다별자리의 α 별로 이루어졌다. 페가수스별자리의 γ 별과 안드로메다별자리의 α 별을 련결한 직선을 동남쪽으로 연장하면 고래별자리를 찾을수 있고 페가수스별자리의 α별과 β별을 련결한 직선을 남쪽 하늘로 연장해가면 물병별자리를 찾는다.

가을의 2등변3각형을 만들자.

안드로메다별자리의 α별과 페가수스별자리의 γ 별을 련결하는 직선을 아래변으로 하면 2등변3각형의 거의 정점부근에 산양별자리의 α별이 있다. 그리고 물고기별자리는 페가수스별자리와 고래별자리사이에 가로 길게 늘어져있다.

천문학분야에서 의의가 큰 춘분점은 과거에는 산양별자리에, 지금은 물고기별자리에 있다.

겨울철의 별자리. 겨울철에는 특별히 밝은 별들을 많이 볼수 있다.

겨울철 밤하늘에서 우리는 누구나 다 알고있는 오리온별자리의 삼태성을 보게 된다.

삼태성의 3개 별을 동쪽으로 연장하면 밤하늘에서 제일 밝은 큰개별자리의 α별인 씨리우스를 찾을수 있으며 서쪽으로 연장하면 황소별자리의 α별인 알데바란을 찾는다.

겨울철 3각형을 만들어보자.

오리온별자리의 α별인 베텔큐스와 큰개별자리의 α별인 씨리우스, 작은개별자리의 α별인 프로치온을 서로 련결하면 바른3각형을 만들수 있다.

겨울철 작은 5각형은 마부별자리이다.

겨울철의 륜환선을 만들고 그안에서 별자리를 찾는다. 마부별자리의 카펠라와 β별을 련결하는 완만한 곡선을 연장하면 쌍둥이별자리의 α별인 카스톨과 β별인 포룩스, 작은개별자리의 프로치온, 큰개별자리의 씨리우스들이 있으며 우로 다시 연장해가면 리겔, 알데바란, 카펠라로 련결되여 커다란 륜환선이 얻어진다.

문 제

1. 별들은 동쪽 지평선으로부터 매일 4min씩 빨리 뜬다. 큰개별자리의 α별인 씨리우스를 오늘밤 11h에 머리우에서 보았다면 한달후에는 몇h에 머리우에서 볼수 있겠는가?
2. 겨울철 밤하늘에서 볼수 있었던 오리온별자리와 삼태성은 여름철에는 보이지 않는다. 그 리유는 무엇인가?

보충지식

① 천상렬차분야지도

천상렬차분야지도는 고구려시기 돌에 새긴 천문도에 기초하여 만든것으로서 우리 선조들이 이룩한 귀중한 문화유산의 하나이다.

고구려사람들은 3세기경의 별하늘을 돌에 새겨놓았는데 이 돌은 없어지고 그후에 이 돌에 대고 찍어낸 천문도가 발견되였다.

1395년에 약간의 수정과 보충을 하여 여러 부의 《천상렬차분야지도》를 만들었다. 이 천문도에서 제일 가운데 있는 큰 원안에는 별자리가 그려져있고 둘레에는 여러가지 수표들과 설명문이 있다.

별자리그림에서 북극이 중심에 놓이도록 평면에 투영하고 1 467개의 별들을 282개의 별자리에 표시하였으며 춘분점과 추분점의 위치, 적도에 평행인 원들인 적경원과 해길, 적도에 수직이면서 북극과 남극을 련결한 적위원과 은하수도 그려져있다.

그리고 원본을 수정한 내용을 밝힌 설명문에는 고구려천문도의 별자리들을 $12°\ 30'$ 돌려놓았다고 씌여져있다. 이것은 지구의 자전축이 1a에 $(50\frac{1}{5})''$씩 서쪽으로 움직이는 세차운동까지 고려한것이라고 볼수 있다. 고구려시기에 이처럼 높은 수준의 석각천문도를 만들어 천문관측과 력서제작에 널리 리용한것은 우리 민족의 크나큰 자랑이다.(그림 3-5)

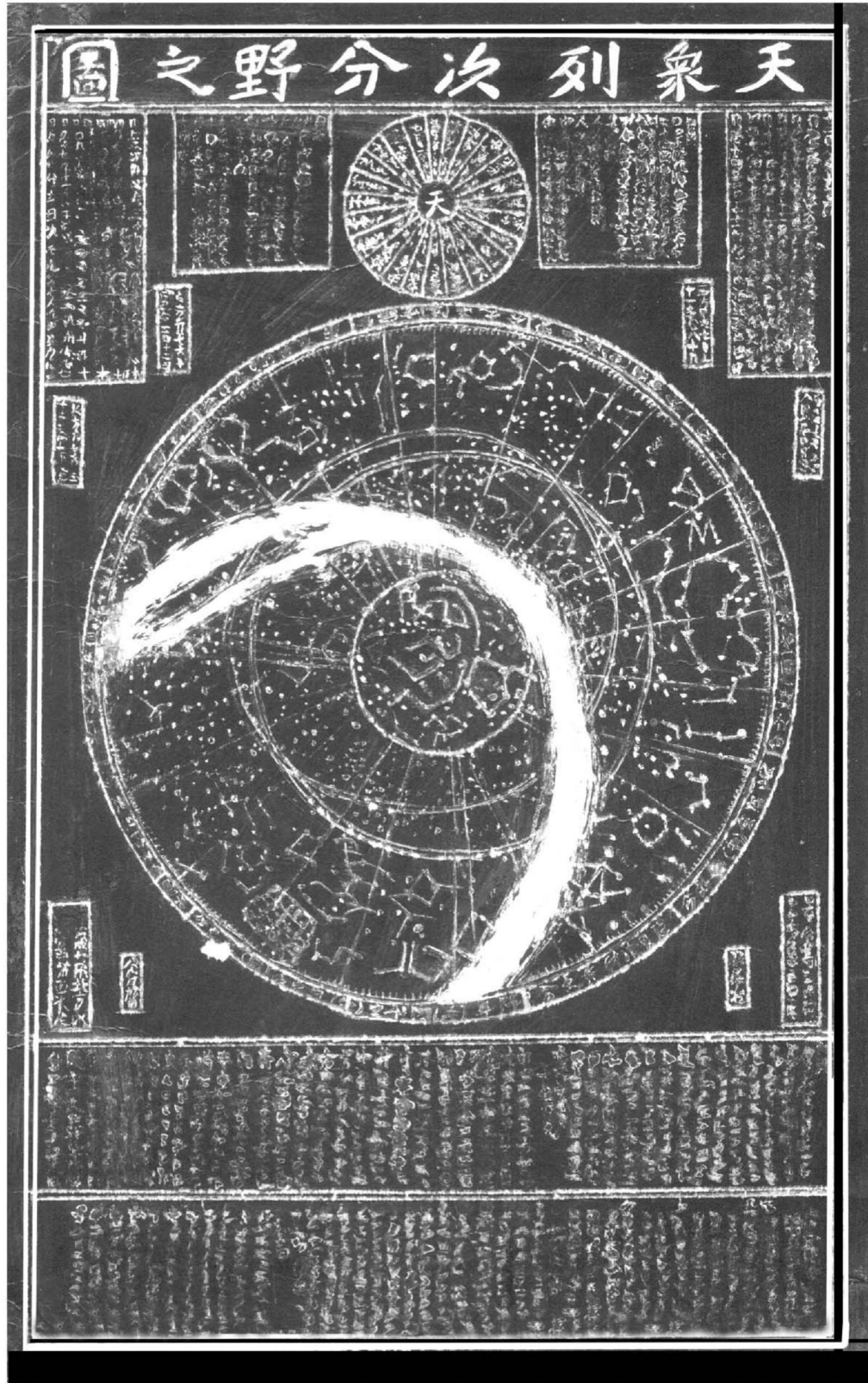



그림 3-5. 천상렬차분야지도

② 직녀성과 견우성사이의 거리

우리 나라에서는 오랜 옛날부터 거문고별자리의 α별인 직녀성과 독수리별자리의 α별인 견우성이 7월 7일에 은하수를 건너 한번씩 만난다는 전설이 전해지고있다.

그러면 직녀성과 견우성사이의 거리는 얼마인가.

직녀성은 지구로부터 26ly의 거리에 있고 견우성은 17ly의 거리에 있다.

이 두 별사이의 각이 35°라는것을 고려하면 두 별사이의 거리는 15ly이나 된다.

만약 견우성에서 직녀성에 전파로 소식을 보낸다면 15a이 지나서 직녀성에 그 소식이 가닿게 될것이며 직녀성에서 견우성에 보낸 회답전파는 또다시 15a이 지나서 즉 견우성에서 전파를 보낸 때로부터 30a후에야 직녀성에 가닿게 될것이다.

또한 두 별이 빛속도로 마주 달린다고 하여도 7.5a이 지나서야 만나게 될것이다.

제3절. 시간과 그의 체계

시간측정의 기준

시간측정의 기준을 어떻게 택하는가 하는 문제는 매우 심중한 문제이다.

어떤 순간으로부터 흘러간 시간은 물질의 운동에 의해서만 알아낼수 있다.

시간의 흐름을 결정하자면 고르로운 운동을 정해야 하는데 그런 운동을 어떻게 찾아내겠는가. 이것은 지금까지 인간이 시간결정에서 제기한 기본초점의 하나였다.

오랜 관측결과에 고르로운 운동의 제일 좋은 실례는 지구의 자전운동이였다.

그래서 사람들은 지구가 지축둘레를 한바퀴 돌아가는 시간간격을 시간측정의 기준으로 정하였다.

그러나 지구가 지축둘레를 고르롭게 돌아간다는것만으로는 부족하다.

그것은 지구가 무엇을 기준으로 하여 한바퀴 도는가 하는데 따라 시간측정의 간격이 달라지기때문이다.

다시말하여 지구가 태양을 기준으로 하여 한바퀴 도는가 아니면 어떤 별을 기준으로 하여 한바퀴 도는가 하는데 따라서 태양일과 항성일이 구분된다.

항성일이란 움직이지 않는 별이나 어떤 점을 기준으로 하여 지구가 한바퀴 자전하는데 걸리는 시간이다.

태양일이란 움직이는 태양을 기준점으로 하고 지구가 한바퀴 자전하는데 걸리는 시간이다.

항성시와 태양시

항성일에 기초하여 잰 시간을 **항성시**라고 부른다.

1항성일이란 주어진 별이 웃자오선을 지난 순간(남중 또는 상정중)부터 다시 그 자오선을 지나는데 걸린 시간간격이다.

여기서 주어진 별이라고 할 때 그것은 실제 별은 아니지만 별처럼 볼수 있는 춘분점을 택한다.

주어진 순간의 항성시는 남중하는 별의 적경과 같다는 원리에 기초하여 결정한다.

그러면 태양시는 어떤 시간인가.

사람들의 일상생활은 태양과 밀접한 련계가 있으므로 항성시보다 태양시를 쓰는것이 편리하다.

태양시란 태양의 시간각을 태양일을 기준으로 세여나가는 시간이다.

태양시에는 진태양시와 평균태양시가 있다.

진태양시란 실제 태양을 기준하여 잰 시간을 말한다.

1진태양일이란 태양의 중심이 웃자오선을 지난 순간부터 다시 그 자오선을 지나는데 걸린 시간간격이다. 결국 1진태양일은 태양의 중심이 두번 상정중하는데 걸린 시간간격이다.

그런데 진태양일은 년중을 통하여 계속 변한다. 그것은 태양이 천구의 적도를 따라 움직이지 않고 그것과 $23^\circ 27'$만큼 경사진 해길을 따라 운동할뿐아니라 해길우에서 운동하는 속도가 고르롭지 못하기때문이다.

그러므로 일상생활에서는 진태양시를 쓰지 않고 진태양일의 길

이를 년간을 통하여 평균한 값을 쓰게 된다.

평균태양일이란 진태양일의 길이를 년간을 통하여 평균한 값이다. 이것을 **1평균태양일**이라고 부른다.

평균태양시란 평균태양의 시간각을 기준으로 세여나가는 시간이다.

평균태양이란 해길을 따라서가 아니라 적도를 따라서 등속으로 운동한다고 본 가상적인 태양이다.

평균태양의 웃자오선정중을 **평정오**라고 부르고 아래자오선정중을 **평자정**이라고 부른다.

평균태양일의 시작은 평균태양의 아래자오선정중으로 한다. 따라서 평균태양의 상정중시각은 12^{h}로 된다.

우리가 과학기술분야에서 쓰고있는 시간의 단위 1s는 바로 평균태양시체계에서의 1s이다.

진태양일과 평균태양일은 년중 차이가 있다.

진태양시와 평균태양시의 차이를 **균시차**(또는 해시간차)라고 부른다.

지방시와 경대시 및 세계시

지방시. 우선 지방이 다르다는것을 경도가 다르다는것으로 생각하여두자. 그러면 둥근 지구에서 경도가 달라지면 태양이나 별의 상정중시각이 달라지게 된다. 다시말하여 지방마다 하루의 시간길이는 같지만 하루가 시작되는 0^{h}는 서로 다르다.

지구가 서쪽에서부터 동쪽으로 자전하므로 동쪽 지방은 서쪽 지방보다 태양을 먼저 보게 되고 정오순간도 서쪽 지방보다 동쪽 지방이 더 빠르다. 다시말하여 지방의 경도가 달라짐에 따라 태양이나 별이 뜨고지는 시간이 달라지는 시간체계를 **지방시**라고 부른다.

경대시. 지방에 따라서 시간을 재게 되면 매 지방마다 시간이 다를것이고 더구나 동서방향으로 려행하는 사람은 한걸음을 옮겨도 시계를 계속 돌려놓아야 한다는 결론을 얻게 된다. 이것은 사람들 호상간, 인민경제 여러 부문간의 시간적균형을 맞추는데는 매우 불편하다.

이러한 불편을 없애려면 지역적범위, 나아가서 세계적범위에서 통일적으로 조절할수 있는 시간체계를 도입하여야 한다. 바로 이러한 시간체계가 경대시이다.

다시말하여 경도선을 따라 15° 간격으로 지구걸면을 24개의 경대로 나누고 매 경대마다 1^h씩의 차이를 두고 재여나가는 시간체계를 **경대시**라고 부른다.

경대의 중심경도는 0°, 15°, 30°, 45°, …이고 량쪽으로 7°30′씩 경대띠를 만든다. 경대번호는 0번부터 23번까지 있으며 동쪽으로 가면서 번호를 붙였다.

세계시. 경대의 경계선은 원칙적으로 경도선을 따라 직선으로 하지만 나라경계선과 큰 강, 높은 산줄기를 따라 구부러지게 정한 곳도 있다.

매개 경대에서 날이 시작되는 순간은 경대번호만큼의 차이를 가진다.

영국의 그리니치천문대가 속한 0경대의 경대시를 0^h로 놓고 재여나가는 경대시를 **세계시**라고 부른다.

매 경대에서는 해당한 경대의 중심경도선의 지방시를 공통시간으로 쓴다.

세계시 0^h에 대한 매 경대의 시간차는 경대번호만큼 차이난다.

우리 나라는 8경대와 9경대사이에 놓여있는데 결정에 따라서 동경 135°선에 해당한 9경대의 시간을 쓴다.

평양의 지방시와 9경대시는 약 37min의 차이가 있으므로 태양이 평양의 자오선을 지나는 시간은 경대시로 $12^h 37^m$으로 된다. 다시말하여 평양방송에서 12^h를 알릴 때(9경대시) 태양은 아직 평양의 자오선을 지나지 않은 상태이며 이때 평양의 지방평균태양시는 $11^h 23^m$경이다. 그림 3-6에 세계시간대를 보이였다.

문 제

1. 평양과 청진의 지방평균태양시차는 얼마이겠는가?
2. 9경대의 중심경도는 135°이다. 이 경도에 있는 지방에서 시계가 12h를 가리킬 때 원산(경도 127° 26′)의 지방평균태양시는 몇h이며 몇min후에 태양이 자오선을 지나겠는가?
3. 세계시가 9^h일 때 평양의 경대시와 지방평균태양시를 알아내여라.

보충지식

① 수정시계와 원자시계

천문관측과 인민경제 여러 부문 특히 시간의 정확도를 요구하는 부문에서는 정확한 시계를 요구한다. 다시말하여 시간의 흐름이 정확히 유지되는 시계가 있어야 한다.

옛날에는 수공업적인 해시계, 물시계, 모래시계 그리고 과학의 진보가 일어나던 15～16세기부터는 추시계, 태엽시계 등이 출현하였으며 18세기에는 흔들이바퀴유사식시계에 의한 손목시계가 나왔고 20세기 중엽에는 1세대전자시계가 나왔다.

우리가 지금 쓰고있는 전자시계는 4세대이고 원자시계에 못지 않는 5세대 전자시계가 연구개발중에 있다.

관측용수정시계는 이미 1940년경에 만들어져 리용되고있다.

평양천문대에도 수정시계가 있는데 15a에 1s의 정확도를 가지고 라지오와 TV로 시간을 알려주고있다.

수정시계는 수정결정의 피에조효과(어떤 물체를 주파수가 변하는 전기마당속에 놓았을 때 공진이 일어나는 현상)를 리용하여 만든 복잡한 전자장치로 된 시계이다.

분자 및 원자시계들은 암모니아, 세시움, 수소, 루비디움 등의 분자 및 원자진동의 고유주파수를 리용하여 만든 시계들이다. 이 시계의 정확도는 1천만～1억분의 1s이다. 이것은 평균태양시보다 무려 1만～10만배 더 정확한것으로 된다.

수정시계와 원자시계가 나옴으로써 오래동안 사람들이 그렇게도 균일하다고 보았던 지구의 자전속도가 변한다는것을 알게 되였다.

② 협정세계시와 윤초조정

우리가 쓰고있는 시간은 본질에 있어서 협정세계시이다. 원자시계가 세상에 나옴으로써 지구의 자전속도가 고르롭지 못하고 여러가지 요인에 의하여 하루의 길이가 0.002～0.003s 사이에서 변한다는것을 알아냈다. 대체로 1～2a에 1s씩 떠지고있다.

그렇지만 원자시계로 잰 시간이 매우 고르롭다고 하여 지금까지 천문과 측지, 항해분야에서와 사람들의 생활에서 리용한 지구의 자전주기와 관련된 이 시간단위를 버릴수도 없는것이다.

한편 물리학과 전자공학 등 여러 분야에서는 그 길이가 일정하고 변하지

않는 원자시계를 필요로 하고있다.

그리하여 1970년 국제천문학동맹 제14차 총회와 시간, 초를 규정하는 국제물리학회에서는 이 문제를 토의하고 세계시와 원자시를 다같이 쓰는 협정세계시(협정시)라고 부르는 새로운 시간체계를 내오고 그 관리법을 결정하였으며 1972년 1월 1일부터 협정세계시체계로 무선시간신호를 송신하여 정확한 시간을 알려주게 하였다.

협정세계시는 시간의 흐름은 원자시로 하고 시각은 평균태양시로 규정하며 그 차이가 ±0.9s를 넘지 않게 하는 시간체계이다.

그리하여 원자시간으로 가는 시계와 태양시간으로 가는 시계사이에 차이가 심하게 생기면 그것을 고려하는 윤초조정을 하기로 하였다.

윤초조정이라는 말뜻은 이 두 시간체계로 가는 시계의 시간이 s단위로 차이난것을 바로잡는다는것이다.

윤초조정은 두 시간체계의 차이가 ±0.9s 되는 경우 세계시에 1s를 더하거나 더는 방법으로 하여 매개 나라에 통보한다.

윤초조정은 1972년부터 진행하였으며 이때 단번에 10s 뜨게 하였다. 왜냐하면 원자시계로 지구의 자전주기를 재기 시작한것은 1961년도부터였으므로 그사이 차이나는 시간을 조정해야 하였기때문이다.

그때부터는 1～2a에 한번씩 진행하였는데 1961년부터 1993년 7월사이에만도 19번이나 조종하였다. 그 시간차이는 1972년에 10s 뜨게 한것까지 고려하면 무려 28s나 되였다. 윤초조정은 흔히 년초와 년의 중간에 진행한다.

제4절. 력 서

력서는 사람들의 생산활동, 일상생활과 떼여놓을수 없는 하나의 시간표로서 지난날의 일들과 앞으로 할 일들을 예견하는 없어서는 안될 수단이다.

짧은 시간을 잴 때에는 s, min, h와 같은 단위를 쓰지만 보다 긴 시간을 잴 때에는 d, a와 같은 단위를 쓴다.

단순히 날자로써만 세월의 흐름을 세여나간다면 생산활동과 생활계획을 세우는데서 불편한 점들이 많다.(천문학분야에서는 현상기록을 위하여 날자로만 련속적으로 세여나가는 력서도 있다.)

그리하여 비교적 반복되는 긴 시간단위를 설정하고 그것들을 적당히 배합하여 세월의 흐름을 적어나가는것이 편리하다.

그런 단위들은 자연계에서도 찾아낼수 있으며 필요에 따라 인공적으로 만들어 넣을수도 있다.

자연적인 단위는 달의 모습변화주기인 한달, 지구가 태양둘레를 한번 도는 시간인 1a 등이 있으며 인공적단위로는 주일, 순, 분기 등을 들수 있다.

바로 이런 시간단위들을 가지고 편리하게 묶어놓은것이 력서이다.

다시말하여 주기적인 자연현상에 따르는 시간단위(례: 하루의 길이)들을 가지고 긴 시간흐름을 편리하게 계산하는 체계를 **력서** 간단히 **력**이라고 부른다.

력서의 종류

력서는 그것을 만드는 목적과 만드는 원리와 형식에 따라서 여러가지 종류로 나눈다.

력서에는 부문력서와 일반력서가 있다.

부문력은 어느 한 부문에서만 쓰는 력서이다. 부문력에는 천문력, 항해력, 농산력, 교육력 등이 있다.

일반력은 사람들이 일상생활에서 공통적으로 쓰는 력서이다. 일반력에는 태양력(양력), 태음력(음력), 태음태양력(음양력) 등이 있다.

일반력의 부족점을 없애기 위하여 세계력을 만들려는 움직임도 있다.

태 양 력

과학적인 력서제작의 력사는 약 5 000a을 헤아린다.

태양력이란 지구의 공전주기를 1a으로 하여 긴 시간흐름을 계산하는 체계이다. 태양력을 **양력**이라고도 부른다.

태양력에서의 날자자체는 매해 해길우에서의 태양의 변함없는 위치를 말해주므로 철바뀜을 그대로 반영해준다.

오늘 우리가 쓰고있는 력서의 면모를 갖춘 태양력은 B.C. 46년에 만들어졌다. 이때의 력서를 **유리우스력** 또는 오래전의 력서라

는 의미에서 **구력**이라고 불렀다.

그러면 태양력을 만든 원리적문제에 대하여 구체적으로 보기로 하자.

지구의 공전주기는 태양중심이 두번 련속하여 춘분점을 지나가는데 걸리는 시간인데 이것을 1a 또는 **1회귀년**이라고 부른다.

1회귀년의 길이는 365d 5h 48min 46.1s이다.

날자는 옹근수로 세여야 편리하겠는데 양력날자 세기의 기준인 회귀년은 하루의 옹근수배가 아니므로 불편하다.

때문에 날자를 쉽게 계산하면서도 계절의 흐름을 정확히 나타내도록 양력에서는 날자세기에 다음과 같은 방법을 쓴다.

력서에서 3a동안은 1a의 길이를 365d로 하고 네번째 해에는 1a의 길이를 366d로 한다. 이렇게 하면 4회귀년의 길이와 력서에서 4a의 길이가 비슷해진다.

1a의 길이가 365d인 해는 **평년**이라고 하고 366d로 되는 해는 **윤년**이라 부르기로 한다.

윤년인가 평년인가 하는것을 가르는 방법은 다음과 같다.

해수를 가리키는 기원년의 수자가 4로 나누어지는 해는 윤년이고 나머지가 있으면 평년이다.

그리고 윤년가운데서 100으로 말끔히 나누어지면서 400으로 말끔히 나누어지지 않는 해는 평년이다. 이렇게 만든 력서도 400a 지나면 1회귀년보다 약 3d 길어지게 된다. 다시말하여 3d이라는 날자수를 력서에서 덜어야 실제 1회귀년의 날자수와 같아지게 된다.

구력이 나온 때로부터 무려 1 000a이 지난 다음에야 비로소 오늘 우리가 쓰고있는 태양력과 같은 력서인 그레고리력이 나오게 되였으며 이를 새로운 력서라는 의미에서 **신력**이라고 불렀다.

신력에서는 1회귀년의 길이가 명확히 365.242 2d로 규정되고 구력에서 문제로 제기되였던 400a에 3d만큼 더 길어진것을 덜어내는 방법을 해결하였다.

그리고 신력을 쓰면서 구력으로부터 신력사이에 생기는 즉 1 628a동안에 생긴 10d만큼의 차이를 신력에 더해줌으로써 구력의 부족점을 완전히 없앨수 있게 되였다.

이리하여 태양력은 비교적 완성되게 되였으며 세계 여러 나라

들에서 널리 쓰이게 되였다.

그러나 현재 쓰고있는 력서도 3 300a이 지나면 1d의 차이가 생긴다.

우리 선조들은 기원전시기부터 1회귀년의 길이를 365.242 5d로 규정하고 리용하였다.

태음력과 태음-태양력

태음력은 순음력이고 태음-태양력은 양력에 음력을 맞추어쓰는 력서이다.

태음력이란 달의 공전주기를 한달로 하여 날자를 세여나가는 체계이다.

음력의 력사는 음력을 양력에 보다 합리적으로 맞추는 과학적인 계산방법을 밝혀내기 위한 력사라고 말할수 있다.

력서를 만들 생각을 해오던 먼 옛날 사람들은 달의 모습변화주기를 비교적 빨리 그리고 쉽게 알아내였다.

달의 삭망주기는 29d 12h 43min 3s인데 이것을 그믐한달이라고 부른다는것은 이미 학습하였다.

그믐한달의 길이도 하루의 옹근배수가 아니므로 날자를 세는데는 불편하다. 그래서 음력에서는 한달의 길이가 30d인 큰 달과 29d인 작은 달을 적당히 배합하여 력서의 한달의 평균길이가 그믐한달의 길이와 같아지게 한다.

이렇게 하면 1회귀년의 길이와 12개의 그믐한달의 길이사이에는

$$365.2422\text{d} - 29.5305882\times12=10.87\text{d}\approx11\text{d}$$

의 차이가 생긴다.

따라서 2.5a이 지나면 한달의 차이가 생겨 계절의 변화를 음력에서는 전혀 반영하지 못하는것으로 된다.

다시말하여 올해 6월이 여름이였다면 9a 후에는 6월달이 봄으로 될것이며 18a 후에는 겨울이 될것이다.

이렇게 만든것이 순음력인데 계절의 변화를 반영하지 못하기때문에 사람들의 생산활동 특히 농사일에서는 더욱 불편하였다.

계절의 변화를 반영하지 못하는 순음력의 부족점을 없애기 위하여 양력에 음력을 맞추어 쓰는 태음-태양력(음양력)이 나오게 되

였다.

사실 음양력체계는 양력이나 음력보다 훨씬 복잡하다.

음양력은 음력의 기본주기인 1삭망월을 적당히 넣어 양력의 1회귀년의 길이와 같아지면서도 철바뀜을 비교적 나타내고 또한 그믐달이 정확히 그믐날에 뜨게 작성하여야 한다.

이미 이런 방법은 B.C. 432년에 제기되였다.

이 방법에 의하면 19a동안에 7번의 윤달을 넣으면 양력의 날자흐름과 음력의 날자흐름이 철바뀜을 반영하면서도 차이없이 맞추어나갈수 있다는것이다.

음력에서는 큰 달을 30d, 작은 달을 29d로 하여 1a에 보통해에는 12달, 윤년(윤달이 들어가는 해)에는 13달이 되게 하였다.

그리하여 음력에서의 1a의 길이는 354d(큰 달 6개, 작은 달 6개), 355d(큰 달 7개, 작은 달 5개), 383d(큰 달 6개, 작은 달 7개), 384d(큰 달 7개, 작은 달 6개)의 네가지로 되여있다.

오늘 우리 나라에서는 신력과 함께 우리 선조들이 오래전부터 사용하여온 음양력체계와 절기체계를 받아들인 우리 나라 실정에 맞는 과학적인 력서를 만듦으로써 인민경제발전과 사람들의 생활에서 보다 과학적이며 편리하게 쓰도록 하였다.

문 제

1. 다음의 해들가운데서 윤년인 해와 평년인 해를 갈라내여라.

1992년, 1942년, 1990년, 1995년, 2000년, 2012년

2. 어떤 사람의 생일이 1972년 2월 29일이다. 이 사람은 태여난 후부터 1982년까지 10a동안에 몇년 자기 생일날을 맞았으며 어느해들이겠는가?

보충지식

① 절 기

음력은 한개 달을 통채로 넣으면서까지 양력의 길이에 맞추도록 작성하지만 그래도 철바뀜을 정확히 반영하지 못한다. 이런 부족점을 없애기 위하여 절기라는 개념을 도입하였다.

24절기라는것은 춘분점을 기준으로 하여 해길을 중심각으로 15°씩 나누고 그 매개 점에 태양이 올 때의 철의 특징을 반영한 시각을 말한다.

아래에 절기의 이름과 절기의 특징 그리고 양력으로 계산한 날자를 주었다.

번호	절기 이름	절기의 특징	양력날자
1	립춘	봄기운이 시작되는 날	2월 4일～5일
2	우수	봄비가 내리기 시작하는 날	2월 19일～20일
3	경칩	벌레들이 겨울잠에서 깨여나오는 날	3월 5일～6일
4	춘분	봄에 낮과 밤시간이 같은 날	3월 20일～21일
5	청명	날씨가 맑고 밝은 날	4월 5일～6일
6	곡우	농작물이 자라는데 좋은 비가 오는 날	4월 20일～21일
7	립하	여름기운이 시작되는 날	5월 6일～7일
8	소만	보리이삭이 익기 시작하는 날	5월 21일～22일
9	망종	보리를 베고 늦곡식을 심는 날	6월 7일～8일
10	하지	낮이 제일 길고 밤이 제일 짧은 날	6월 21일～22일
11	소서	첫 더위가 시작되는 날	7월 7일～8일
12	대서	무더위가 오는 날	7월 23일～24일
13	립추	가을기운이 시작되는 날	8월 8일～9일
14	처서	더위가 가셔지고 서늘해지기 시작하는 날	8월 23일～24일
15	백로	흰 이슬이 내리는 날	9월 8일～9일
16	추분	가을에 낮과 밤의 시간이 같은 날	9월 23일～24일
17	한로	찬 이슬이 내리는 날	10월 8일～9일
18	상강	서리가 내리기 시작하는 날	10월 23일～24일
19	립동	겨울기운이 시작되는 날	11월 7일～8일
20	소설	적은 눈이 내리는 날	11월 22일～23일
21	대설	많은 눈이 내리는 날	12월 7일～8일
22	동지	낮이 제일 짧고 밤이 제일 긴 날	12월 21일～22일
23	소한	약한 추위가 오는 날	1월 6일～7일
24	대한	년중 제일 추운 날	1월 22일～23일

표에서 보는바와 같이 절기의 이름은 해당 시기의 기상기후적특징과 농사일과 많이 관련되여있다. 이것이 곧 철의 반영으로 된다.

그런데 해당 절기의 양력날자는 1회귀년의 길이가 옹근수가 아닌것으로 하여 평년과 윤년을 엇바꾸는 과정에 매해 조금씩 달라지게 된다.

24절기는 매달 상순과 하순초에 각각 한번씩 놓이는데 철저히 양력에 기초하여 설정된것이므로 음력을 쓸 때에만 필요하며 양력을 쓸 때에는 필요가 없다.

현재 우리 나라에서 양력과 함께 음력을 다 쓰는 조건에서 절기도 표시하여 력서를 만드는것이 여러모로 편리하다.

② 세계력

우리가 쓰고있는 태양력은 일정한 부족점을 가지고있다.

그것은 요약하면 다음과 같다.

첫째로, 매해의 시작점 즉 1월 1일이 그 어떤 학술적의미도 가지지 않는다는것

둘째로, 력서의 날자와 주일이 고르롭지 못하다는것

셋째로, 매달의 날자수가 고르롭지 못하고 28d부터 31d까지의 4가지로 되여있다는것이다.

사람들은 력서에서의 이런 부족점을 없애고 보다 생활에 편리하고 간편한것으로 만들려고 연구를 계속하여왔다.

그리하여 1930년대에 조직된 세계력협회에서는 력서개정안을 내놓고 사용하자는것을 제기하였지만 굳어진 오랜 관습을 깨버리는 문제때문에 지금까지 사용하지 못하였는데 이 새로운 력서를 언제 사용하겠는지 알수 없다.

세계력은 다음과 같다.

1a을 4분기로 나누고 매 분기의 날자수를 91d로 한다.

매 분기에서 첫달은 31d, 두번째와 세번째 달은 30d로 한다.

이렇게 하면 1a의 총 날자수는 364d로 되여 평년에는 하루가 남는다. 이 남아있는 하루를 12월 31일로 하고 이날을 휴일, 명절로 한다.

윤년(366d)에는 또 하루가 남기때문에 그것을 6월 31일로 하고 이날도 역시 휴일, 명절로 한다.

③ 음력에 윤달을 넣는 원리

음력에 윤달을 넣는 리유는 음력의 길이와 양력의 길이를 같게 하면서도 음력이 철바뀜을 반영한 력서로 되게 하기 위해서이다.

음력에 윤달을 넣는 회수가 19a에 7번이라는것은 1회귀년의 길이(365.2422d)가 1삭망월의 길이(29.5306d)의 $12\frac{7}{19}$배와 같다는것을 통하여 알수 있다.

그러면 어느달에 윤달을 끼워넣겠는가 하는것이 문제로 된다.

여기서 중요한 문제는 음력을 철바뀜을 반영하기 위하여 만든 24절기와 반드시 결부하여 리해하여야 한다는것이다. 왜냐하면 24절기의 어느 한개 절기를 기준으로 윤달을 넣게 되는 달을 정하였기때문이다.

24절기는 도입한 초기에는 동지를 시작점으로 하여 1회귀년의 길이를 24등분하고 절기의 이름을 붙였다.

그후 계산에 편리하게 태양이 해길우에서 15° 씩 옮겨갈 때마다 그 순간을 절기로 정하였다. 그리고 절기들가운데서 춘분점에서부터 해길을 따라 각도가 30° 또는 그의 옹근수배로 되는 점들에 해당한 《춘분》, 《곡우》, 《소만》,《하지》, 《대서》, 《처서》, 《추분》, 《상강》, 《소설》, 《동지》, 《대한》, 《우수》의 12절기를 《중기》라고 하고 중기가 들어가는 음력달을 동지로부터 차례로 《동지달》, 《섣달》, 《정월》, 《2월》 등의 이름을 붙였다.

중기가 들어가지 않고 중기가 아닌 절기만이 들어가는 음력달은 윤달로 되며 윤달로 되는 달은 그앞에 있는 달에 《윤》자를 붙여 부른다.

그러므로 윤달로 될수 있는 달은 24절기가운데서 중기를 제외한 12개의 절기가 들어가는 음력달이 될수 있다. 다시말하여 음력초하루로부터 다음달 음력초하루 전날사이에 중기가 아닌 절기가 들어가는 달을 윤달로 정할수 있는데 19년에 7번의 윤달을 넣는 원칙에 따라 넣게 된다.

그러면 먼저 윤달이 들어가지 않는 해의 경우를 례들어보자.

1996년 해길을 따라 각도가 330° 되는 우수라는 중기가 양력으로 2월 19일이다.

한편 우수의 앞뒤에는 그믐이 되는 날자가 양력 2월 18일과 3월 18일이다.

따라서 윤달을 넣지 않는다. 그리고 2월 19일은 음력으로 1월 1일이며 이날부터 3월 18일까지는 음력정월로 된다.

이번에는 윤달이 들어가는 해인 경우를 례들어보자.

1995년 9월부터 10월에 윤8월이 들어있다.

중기인 추분은 양력 9월 23일이다. 그런데 추분의 앞뒤에서 그믐이 되는 날자는 양력 8월 25일과 9월 24일이다. 이 양력날자사이에는 중기인 추분이 들어있으므로 윤달을 넣지 않는다. 그러나 다음 중기인 상강은 양력 10월 24일이다. 그런데 상강의 앞뒤에서 그믐이 되는 날은 양력으로 9월 24일과 10월 23일이다.

이 기간에는 상강이 들어있지 않다. 따라서 윤달을 넣게 되는데 그 전달 음력달의 이름을 붙이게 되여있으므로 윤8월로 한다.

이 윤달은 양력 9월 25일부터 10월 23일까지 기간이다.

그림 3-3. 돌림별자리그림의 웃판과 밑판

북
빙
양
그린랜드
북극권
이슬란드
런던
베를린
로마
쏘피아
싼크뜨뻬쩨르부르그
모스크바
바그다드
알제지이르
웨르호얀스크
이르꾸쯔크
베이징
평양
뉴델리
대
대서양
다까르
아크라
모가디쇼
말디브제도
인디아양
자까르따
날자바꿈선
하와이제도
태평양
메히꼬
워싱톤
북회귀선
빠나마
끼또
보고따
까라까스
적도
피지제도
남회귀선
케이프타운
캔베라
뉴질랜드
싼띠아고
몬떼비데오
양

그림 3-6. 세계시간대